



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사학위논문

공동주택 드레스룸의
결로방지 방안 평가 연구

An Evaluation Study
of Preventing Condensation Methods
for Dress room in Apartment

2017 년 2월

서울대학교 대학원

건축학과

김예진

공동주택 드레스룸의 결로방지 방안 평가 연구

An Evaluation Study
of Preventing Condensation Methods
for Dress room in Apartment

지도교수 여 명 석

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함
2017 년 2 월

서울대학교 대학원
건축학과
김 예 진

김예진의 공학석사 학위논문을 인준함
2017 년 2 월

위원장	인
부위원장	인
위원	인

국문 초록

국내 공동주택이 기밀화되고 발코니 확장이 합법화되면서 공동주택에서의 결로 하자가 크게 증가하였다. 발코니, 침실, 현관, 드레스룸 등에서 결로가 발생하는 것으로 보고되고 있으며, 이 중 드레스룸은 90년대 후반부터 설계가 활발해져, 현재는 중소형 평형대에서도 쉽게 찾아볼 수 있는 공간으로서, 결로 발생 시, 결로수 및 곰팡이 발생으로 인한 의류 손상이 있기 때문에 거주자들이 민감하게 반응하는 공간이다. 주로 겨울철에 벽체 열교 부위, 창호, 붙박이장 후면 등에서 발생하는 것으로 보고되며, 결로가 발생할 경우, 결로수 및 곰팡이 발생으로 인해 벽지, 마루, 가구, 의류 등이 손상되는 2차적 피해까지 나타나게 된다.

드레스룸은 거주자의 거주 동선을 고려하여 욕실과 인접하게 설계되는 경우가 많아 습도 상승의 위험이 큰 공간이다. 하지만 이러한 드레스룸 환경 특성에도 불구하고, 국내에서는 거실 등의 일반 실과 같은 수준의 결로방지 방안이 적용되고 있어 드레스룸 결로방지에 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 드레스룸의 결로 발생 요인이 되는 온습도 환경 특징을 분석하고, 측정 및 시뮬레이션을 통하여 환기, 제습, 가열, 단열 등 결로방지 방안들의 효과를 평가함으로써 드레스룸에 합리적인 결로방지 방안을 제시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 드레스룸이 외기 및 욕실과 접해있을 경우 결로발생 위험이 큰 것을 확인할 수 있었으며, 본 유형의 드레스룸을 대상으로 실측을 한 결과, 샤워 후 욕실 문이 열려 수증기가 유입됨으로서 드레스룸의 결로가 발생하는 것으로 확인되었다. 드

드레스룸의 공간 및 벽체의 표면온도는 외기 온도의 변화 추세에 따라 미미하게 변화되는 것으로 확인되었으나, 샤워 등 욕실 사용으로 인하여 드레스룸 습도가 급격하게 상승함으로서 결로가 발생하는 것으로 확인되었으며, 만약 샤워 후 욕실문을 닫아 둘 경우, 드레스룸의 결로발생 위험도가 크게 저하되는 것을 확인하였다. 따라서 드레스룸의 결로발생은 표면온도 저하보다는 습도 상승이 주요 원인임을 알 수 있다.

(2) 드레스룸의 결로방지 방안은 1차적으로 드레스룸의 평면계획을 욕실 및 외기와 접하지 않게 하는 방안과 2차적으로 드레스룸이 욕실 및 외기와 접하는 경우 단열 및 설비 계획을 통해 결로방지를 하는 방안으로 분류할 수 있었다. 특히 단열 및 설비 계획 시, 욕실 수증기 유입의 차단 및 허용 여부에 따라 드레스룸의 결로방지 방안을 선정할 수 있으며, 수증기 유입을 차단하는 경우, 욕실에서 발생하는 수증기 차단 및 잔여 수증기 제거가 충분히 이루어 져야 한다. 만약 욕실 수증기 유입을 차단하지 않을 경우, 상승된 드레스룸 온습도에서 적절한 결로방지 방안이 요구된다.

(3) 2차적인 결로방지 방안들은 EnergyPlus 및 SolidWorks를 통해 효과를 분석하였다. 욕실 환기, 드레스룸 환기, 드레스룸 제습, 드레스룸 난방온도 증가, 드레스룸 단열재 두께 증가 방안들을 분석하였으며, 분석 결과, 욕실 수증기 차단과 욕실 환기팬 가동만으로도 드레스룸의 결로방지가 충분히 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 욕실 환기팬 가동 시, 환기팬 용량을 증가하는 것 보다는 욕실 사용 후 환기팬의 가동시간 선정이 중요한 것을 알 수 있었다.

하지만 만약 거주자의 공간 동선 및 편의성을 고려하여 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입이 가능하도록 할 경우, 비록 완전한 결로방지는 어려울 것으로 판단되나, 드레스룸 환기 방안 및 제습 방안으로 충분히 결로저감 효과를 얻을 수 있는 것으로 확인되었다. 반면, 드레스룸의 난방온도를 증가하거나 단열재 두께를 증가함으로써 결로방지를 할 경우, 거주자의 쾌적 범위를 벗어나거나, 단열재 두께 증가로 인한 드레스룸 면적 축소 등 과도한 설계가 요구되며, 난방온도 증가 및 단열재 두께 증가를 통한 드레스룸 결로방지는 적절치 못하다는 것을 알 수 있었다.

주요어 : 드레스룸, 결로, EnergyPlus, 결로 발생, 결로방지 방안

학 번 : 2015-21100

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	5
제 2 장 드레스룸 결로방지에 대한 예비적 고찰	7
2.1 거주공간의 결로발생 원인 및 방지 방안	7
2.2 드레스룸의 정의 및 특징	10
2.3 드레스룸의 결로방지 현황	12
2.3.1 드레스룸의 결로방지 설계기준	12
2.3.2 드레스룸의 결로방지 방안 조사	15
2.4 드레스룸 결로방지에 대한 기존연구	18
2.5 소결	24
제 3 장 드레스룸의 결로발생 환경특성 분석	26
3.1 드레스룸 평면유형별 결로발생 위험도 분석	26
3.2 드레스룸의 결로발생 환경 측정	30
3.2.1 측정 대상 선정	30
3.2.2 측정 개요	32
3.3 측정결과를 통한 드레스룸 결로발생 환경특성 분석	35
3.3.1 드레스룸의 온습도 변화	35
3.3.2 욕실 문 개폐에 따른 드레스룸 습도 변화	39
3.4 소결	43
제 4 장 드레스룸의 결로방지 방안 평가	45
4.1 드레스룸의 결로방지 방안 적용 계획	45
4.2 시뮬레이션을 통한 드레스룸 결로방지 방안 효과 분석	48

4.2.1	시뮬레이션 개요	48
4.2.2	시뮬레이션 모델 및 검증	54
4.2.3	시뮬레이션 결과 및 분석	58
4.3	소결	73
제 5 장 결 론		75
참고 문헌		79
ABSTRACT		84

표 목차

<표 2.1> 결로발생 원인 및 구체적 행위 예시	9
<표 2.2> 온습도 제어 방안에 따른 결로방지 방안 분류	9
<표 2.3> 드레스룸 결로방지 방안 분류	16
<표 3.1> 하자사례집을 통한 평면유형 분류	28
<표 3.2> 하자사례집을 통한 평면 유형별 결로 발생 세대 수	29
<표 3.3> 측정 개요	33
<표 4.1> 시뮬레이션 평가 대상 선정	48
<표 4.2> 시뮬레이션 평가 대상의 변수 범위 선정	53
<표 4.3> 시뮬레이션 평가 대상의 열교부위 온도 예측	60
<표 4.4> Case1~Case4의 시뮬레이션 입력 조건	61
<표 4.5> Case5~Case7의 시뮬레이션 입력 조건	65
<표 4.6> Case8의 시뮬레이션 입력 조건	69
<표 4.7> Case9의 시뮬레이션 입력 조건	70
<표 4.8> Case10의 시뮬레이션 입력 조건	72

그림 목차

[그림 1.1] 연구 흐름도	5
[그림 2.1] 국토교통부 하자심사 분쟁조정 위원회 유형별 하자 비율 (2010~2015)	7
[그림 2.2] 2015년 결로 발생 건수	7
[그림 2.3] 시스템 행거 형식 드레스룸	11
[그림 2.4] 붙박이장 형식 드레스룸	11
[그림 2.5] 국내외 결로방지 설계기준 비교	13
[그림 2.6] TDR 값 산정위치	14
[그림 2.7] 지역 및 대상 부위에 따른 TDR 값	14
[그림 2.8] 지역에 따른 결로 발생 안전 구간 및 위험 구간 판단	14
[그림 2.9] 세대에 부착된 결로 예방 스티커	17
[그림 2.10] 욕실 및 드레스룸 환기팬 연동 방안	17
[그림 2.11] 붙박이장에 통기구 설계	17
[그림 2.12] 갤러리 도어 붙박이장	17
[그림 2.13] 욕실 타입	19
[그림 2.14] 목욕 후 전이실 온도 변화	21
[그림 2.15] 욕실 사용으로 인한 욕실 및 전이실 온습도 변화	19
[그림 3.1] 측정센서 위치 및 평면도	33
[그림 3.2] 측정 세대의 욕실 및 드레스룸	34
[그림 3.3] 샤워 시간 빈도	34
[그림 3.4] 측정 기간 중 드레스룸의 결로 발생	37
[그림 3.5] 열교부위 온도	37

[그림 3.6] 샤워 후 드레스룸의 온습도 변화 (욕실 문 opened)	38
[그림 3.7] 샤워 후 욕실 문을 열었을 때의 드레스룸 습도 변화	41
[그림 3.8] 샤워 후 욕실 문을 닫았을 때의 드레스룸 습도 변화	41
[그림 4.1] 도어 클로저	46
[그림 4.2] 기밀한 욕실 문 (일본)	46
[그림 4.3] 드레스룸 결로 발생 환경 특성에 따른 결로방지 방안 선정	47
[그림 4.4] 결로방지 방안이 요구되는 드레스룸 유형	48
[그림 4.5] EnergyPlus를 통한 드레스룸 결로방지 방안 평가 프로세스	49
[그림 4.6] 욕실 입력 데이터	50
[그림 4.7] 외기 입력 데이터	51
[그림 4.8] 시뮬레이션 평가 대상의 욕실 문 개폐 스케줄	52
[그림 4.9] EnergyPlus 모델링	57
[그림 4.10] 드레스룸 온습도 변화의 측정 및 시뮬레이션 비교	57
[그림 4.11] EnergyPlus 해석 결과	59
[그림 4.12] 열교부위 해석 결과	60
[그림 4.13] 욕실환기 및 욕실문 개폐여부에 따른 드레스룸 노점온도 변화	63
[그림 4.14] 드레스룸 환기팬 가동시간에 따른 드레스룸 노점온도 변화	66
[그림 4.15] 드레스룸 환기에 따른 드레스룸 노점온도 변화	67
[그림 4.16] 제습 용량에 따른 노점온도 변화	68
[그림 4.17] 바닥 난방 온도 증가에 따른 온도변화	70
[그림 4.18] 단열재 두께 증가에 따른 온도변화	71

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 공동주택의 하자보수 분쟁이 급증하면서 결로 문제가 다시 한 번 화두 되고 있다. 공동주택의 결로 하자는 오래전부터 지속해서 발생하여온 하자 중 하나인데, 공동주택이 점점 기밀해지고 2005년 발코니 확장이 합법화되면서 하자 접수 건수가 크게 증가되었다. 공동주택의 결로 현상은 주로 표면 결로 형태로 발코니, 침실, 주방, 현관, 드레스룸 등의 공간에서 발생하는 것으로 보고되고 있으며¹⁾, 이 중 드레스룸은 결로 발생 시, 벽지, 마루, 가구의 손상뿐만이 아니라 의류, 침구의 손상이 발생할 수 있으므로 거주자들이 특히 민감하게 여기는 공간이다.

드레스룸은 국내 거주자들의 주거의식 및 생활습관이 상향되면서 90년대 후반부터 활발히 설계되어왔다.²⁾³⁾ 현재는 중소형 아파트에서도 쉽게 찾아볼 수 있는 공간이며, 일반적으로 거주자가 샤워 등 욕실 사용 후 바로 옷을 갈아입거나 화장을 할 수 있도록 욕실과 인접하게 설계되어 있고, 거실 등 다른 욕실 주변 공간과는 달리 공간 크기가 비교적 작아 습도 상승이 쉽게 나타나는 공간이다. 또한 공간 특성상, 의류, 가구 등으로 인한 기류 및 열 순환이 원활히 이루어지지 않아 결로발생 위험이 크다.

-
- 1) 이화여자대학교. (2016). (3세부과제) 90%이상 생활환경 조건 대응 결로방지 기술개발 및 연구단 개발기술 통합 보급시스템 구축, pp33-43.
 - 2) 오혜경, & 홍이경. (2011). 브랜드 아파트의 단위평면 각 실의 경향분석. 한국실내디자인학회 논문집, 20(1), pp128-137.
 - 3) 김재현. (2011). 아파트의 드레스룸 수납면적에 관한 연구. 석사학위논문. 한양대학교 공학대학원

국토교통부에서는 공동주택의 결로방지 대책으로 2014년 “공동주택 결로 방지를 위한 설계 기준” 고시를 통해 정해진 실내 온습도 기준 (25℃, 50%) 에서 결로방지가 가능한 벽체 단열 성능을 제시하였다.⁴⁾ 하지만 앞서 설명한 바와 같이 드레스룸의 경우, 욕실의 습기 유입으로 인한 습도 상승 위험이 크기 때문에 설계기준에서 제시하는 단열 성능만으로는 결로 방지에 어려움이 있을 것이라 예상된다. 또한, 일부 건설사 및 거주자들은 제습, 환기 등의 방안을 사용하여 드레스룸의 결로저감을 시도하고 있으나, 아직 본 방안들의 결로방지 효과나 적합 여부에 대한 연구 보고는 미흡한 실정이다. 따라서 드레스룸의 결로 발생 요인이 되는 환경 특성을 조사하여 현행하고 있는 결로방지 설계기준의 적합성을 판단하고, 적절한 결로방지 방안을 제시할 필요가 있다.

본 연구에서는 하자사례 분석 및 실측을 통하여 드레스룸의 결로 발생 요인이 되는 온습도 환경 특징을 분석하고, 시뮬레이션을 통하여 드레스룸 결로방지 방안들의 효과를 평가하였다. 또한, 본 연구 결과를 바탕으로 추후 드레스룸 유형 및 거주자 생활 패턴에 따라 적절한 결로방지 방안을 선정하는데 활용할 수 있도록 하고자 한다.

4) 공동주택 결로 방지를 위한 설계기준, 국토교통부

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 드레스룸의 결로발생 환경특성을 분석하여 드레스룸의 결로방지 계획에 대해 고찰하였으며, 시뮬레이션을 통하여 결로방지 방안들의 효과를 평가함으로서 드레스룸에 적절한 결로방지 방안을 제시하였다. 상세한 연구 범위 및 방법은 다음과 같다.

(1) 드레스룸 결로방지에 대한 예비적 고찰

주거 공간의 결로발생 현황 및 원인을 분석하여 본 연구의 이론적 배경으로 삼고, 드레스룸의 결로방지 설계기준 및 방안을 조사함으로서 드레스룸의 결로방지를 위해 추가적으로 검토되어야 할 내용을 확인하였다. 또한, 기존 연구의 실험결과와 시뮬레이션 결과를 고찰하여 드레스룸의 환경특성을 예측하고, 본 연구의 필요성 및 방향을 수립하였다.

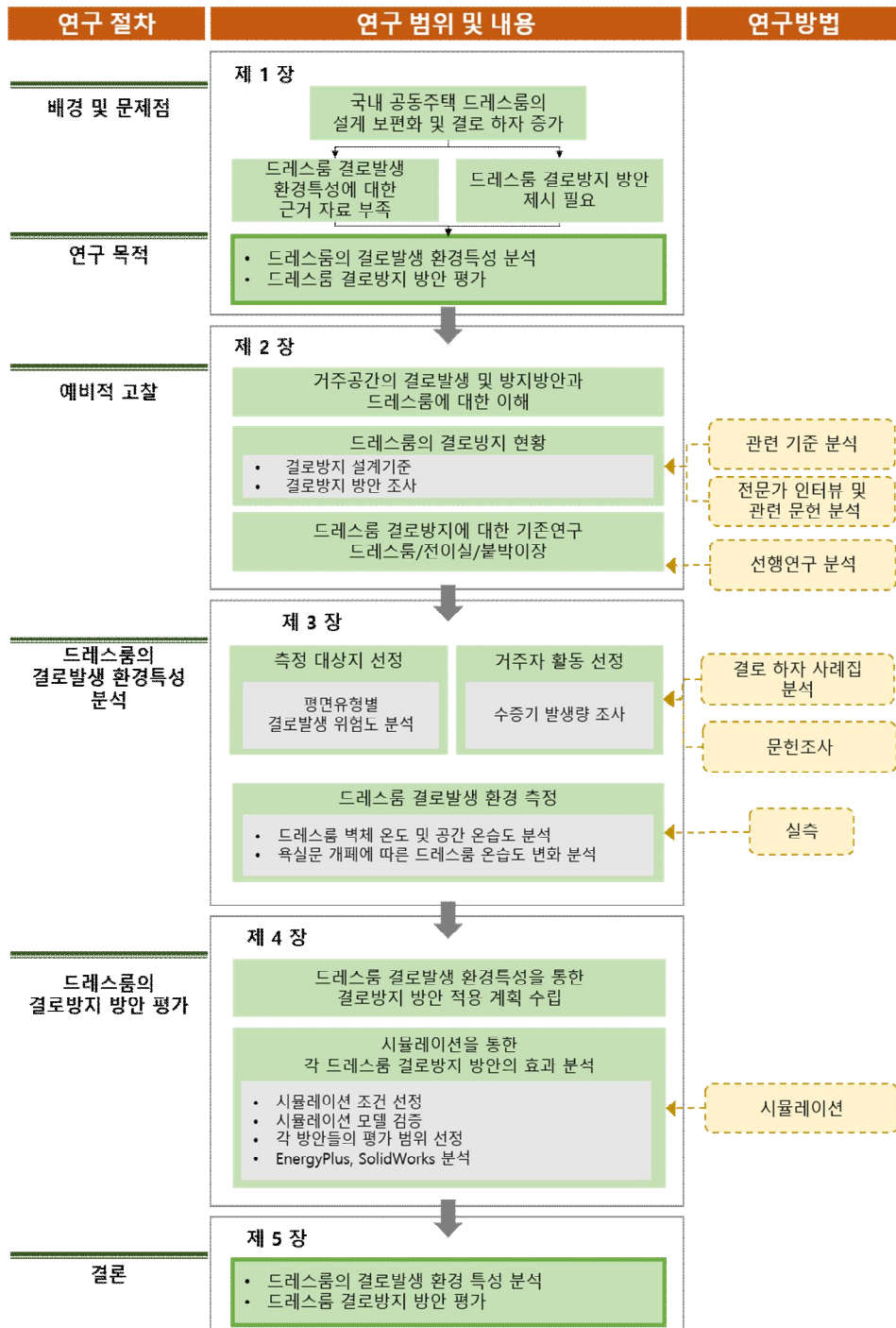
(2) 드레스룸의 결로발생 환경특성 분석

하자사례집을 통하여 드레스룸 평면유형에 따른 결로발생 위험도를 확인하고, 드레스룸 습도 상승에 영향을 주는 인자에 대하여 고찰함으로서 드레스룸의 결로발생 환경특성을 대표할 수 있는 측정 대상을 선정하였다. 본 측정 대상에서 결로발생 환경의 온습도를 측정함으로서 온습도 변화범위를 파악하고, 드레스룸의 결로발생 환경특성을 확인하였다. 또한, 본 측정 결과 데이터는 추후 결로방지 방안의 효과 평가 시 활용되었다.

(3) 드레스룸의 결로방지 방안 평가

드레스룸의 결로발생 환경특성을 분석한 내용을 토대로 하여, 드레스룸의 결로방지 방안 적용 계획을 수립하였다. 또한, 측정 대상지를 분석 대상으로 하여 EnergyPlus 및 Solidworks를 통한 시뮬레이션 분석을 진행함으로써 각 결로방지 방안의 효과를 평가하였다. 시뮬레이션에 적용한 욕실 온습도 데이터는 문헌조사를 통하여 선정하고, 외기 데이터는 최저 외기온이 나타났던 날의 기상 데이터를 활용하였다. 본 평가 결과를 통하여 드레스룸에 적절한 결로방지 방안을 제시하였다.

이상의 연구 범위 및 방법에 의한 연구 진행은 [그림 1.1]과 같은 연구흐름도로 나타낼 수 있다.



[그림 1.1] 연구 흐름도

제 2 장 드레스룸 결로방지에 대한 예비적 고찰

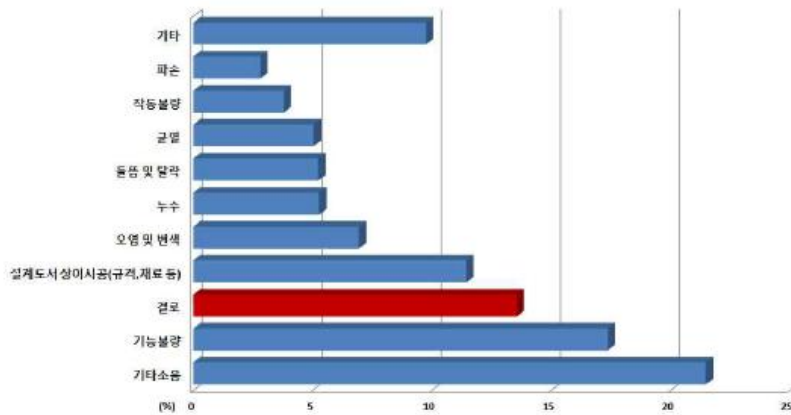
본 장에서는 드레스룸 결로방지에 대한 예비적 고찰로서 가장 우선적으로 주거 공간의 일반적인 결로 발생원인 및 방지 방안에 대해 이해하고, 국내 드레스룸과 다른 주거 공간과의 비교를 통하여 국내 드레스룸의 공간적 특징을 명시하였다. 또한, 현재까지 드레스룸에 적용되고 있는 결로 방지 방안을 파악하기 위하여 결로방지 설계기준과 방지 방안을 조사하였다. 이외에도 드레스룸의 결로방지에 대한 기존연구를 고찰함으로써 본 연구의 필요성 확인 및 방향을 선정하였다.

2.1 주거 공간의 결로발생 원인 및 방지 방안

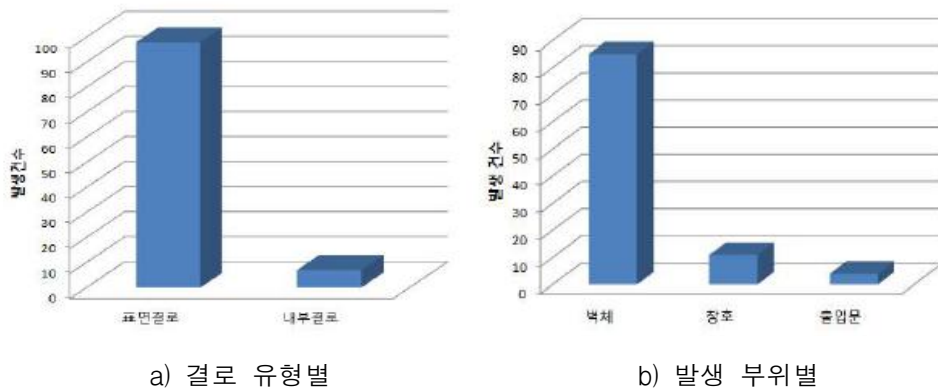
주거 공간에서 결로발생으로 인한 폐해는 오래전부터 보고되어왔다. 결로는 습공기가 차가운 물체 표면에 닿으면서 공기 중에 함유된 수분이 그 표면에 응축되어 발생하게 되는데, 그 원인으로는 낮은 표면 온도와 높은 공기 습도를 들 수 있다. 따라서 이러한 결로 발생을 방지하기 위해서는 차가운 표면 온도를 높이거나 습한 공기의 습도를 낮추어야 한다.

이렇게 결로의 원리는 비교적 간단하나, 실제 주거 공간에서 결로를 방지하는 것은 응용의 문제이기 때문에 간단하지가 않다. 이미 주거 공간의 결로방지를 위하여 여러 방안이 제시되어왔으나, 아직도 해마다 결로 하자를 처리하기 위해 막대한 비용이 소비되고 있으며, 적절하지 못한 건물 설계, 시공 불량, 대응하기 힘든 거주자의 생활습관 등의 원인으로 인하여 많은 결로 하자가 미해결 상태로 남아있다.

국토교통부 산하의 하자심사·분쟁조정 위원회 자료⁵⁾에 따르면, 2010~2015년 동안 접수된 결로 관련 하자는 약 14%로 비교적 큰 비중을 차지하고 있으며, 2015년에 접수된 결로 관련 하자 365건 중 100건을 분석한 결과, 대부분이 표면결로 하자이고 벽체에서 발생하는 경우가 많은 것으로 나타났다.



[그림 2.1] 국토교통부 하자심사 분쟁조정 위원회 유형별 하자 비율(2010~2015)⁵⁾



[그림 2.2] 2015년 결로 발생 건수⁵⁾

5) 한국시설안전공단. (2016). 공동주택 결로 하자 유형분석 및 DB화. 공동주택 결로방지 성능향상 기술과 KR-제로에너지단지 평가방법 워크샵

이러한 공동주택의 결로 발생 원인을 건설단계에 따라 분류할 경우, 대표적인 예는 <표 2.1>과 같다. 이론적으로 결로방지를 위해 발생원인을 제거하면 되지만, 거주자의 다양한 생활습관 및 공간 이용방법으로 인하여 이러한 결로 발생원인을 제거하기 어렵다.

만약 결로가 발생할 경우, 결로수 및 곰팡이로 인한 벽체, 마루, 가구 등의 2차적 피해가 발생할 수 있으며, 발생한 곰팡이가 거주자의 건강에도 영향을 미칠 수 있다. 이러한 결로 피해를 막기 위하여 여러 결로방지 방안이 사용되고 있으나, 대체적으로 차가운 표면의 온도상승 및 습한 공기의 습도 저감 방안을 통해 결로방지가 가능하며, 구체적인 결로방지 원리는 <표 2.2>와 같이 분류할 수 있다.

<표 2.1> 결로발생 원인 및 구체적 행위 예시

구분	결로발생 원인 및 구체적 행위 예시	
설계단계	평면계획	<ul style="list-style-type: none"> • 습도가 높은 공간을 외측으로 설계 • 불박이장 등 built-in가구가 외벽과 맞닿도록 설계
	단열설계	<ul style="list-style-type: none"> • 창호, 벽체 등 단열성능 부족 • 열교 부위 단열설계 미흡 • 배관설계 등으로 인한 단열재 누락
	재료선정	<ul style="list-style-type: none"> • 함수율이 높은 자재 사용
	설비계획	<ul style="list-style-type: none"> • 환기팬, 난방 등의 성능 부족 • 부적절한 환기팬 위치 선정
시공단계	시공 정밀도	<ul style="list-style-type: none"> • 단열재, 창호, 방습 등의 시공 정밀도 부족(단열재 밀착 시공, 창호 기밀 시공 등)
	시공양생	<ul style="list-style-type: none"> • 양생기간 부족 • 시공 시 발생하는 결로
유지단계	수증기 과다 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 가습기 사용, 조리, 세탁, 샤워 등 생활습관으로 인한 수증기 발생
	환기 부족	<ul style="list-style-type: none"> • 미세먼지 및 겨울철 차가운 외기 유입으로 인한 환기 미 실시
	과도한 환기	<ul style="list-style-type: none"> • 겨울철 실내 습기 제거를 위해 환기 실시를 하나, 외기유입으로 인한 온도 저하 발생
	불규칙한 온도 분포	<ul style="list-style-type: none"> • 가구를 외벽에 배치할 경우 온도저하 구간 발생 • 난방 성능으로 인한 온도저하 구간 발생

<표 2.2> 온습도 제어 방안에 따른 결로방지 방안 분류

제어 대상	제어 방안	결로방지 방안 예시
온도	열손실 최소화	<ul style="list-style-type: none"> • 단열재 두께 증가 • 단열재 성능 상승
	가열	<ul style="list-style-type: none"> • 난방온도 증가 • 가열기기 사용
습도	습기 유입 차단	<ul style="list-style-type: none"> • 차단막 사용 • 문 개폐 제어
	환기	<ul style="list-style-type: none"> • 환기팬 사용
	제습	<ul style="list-style-type: none"> • 제습기 사용 • 제습제 사용

2.2 드레스룸의 정의 및 특징

드레스룸은 의류 수납 및 환복을 위한 공간으로, 단순히 의류를 수납하는 장롱과는 달리 환복, 단장 등의 특정한 기능을 수행하기 위해 별도로 구획된 하나의 공간을 지칭한다. 본 논문에서는 드레스룸의 의류 수납 형식을 크게 시스템 행거 형식과 붙박이장 형식으로 나누었으며, 시스템 행거 형식은 [그림 2.3]과 Walk-in Closet과 유사한 형태로서, 의류수납을 위해 별도의 실을 구분한 형식을 지칭하고, 붙박이장 형식은 [그림 2.4]와 같이 침실에서 일반적으로 사용되는 의류 수납 형식을 지칭한다.

시스템 행거 형식은 별도의 실을 만들어서 사용하는 경우가 많기 때문에 붙박이장보다 수납공간이 크고 막힌 공간이 적어 열순환이 비교적 원활하다는 장점이 있다. 이와 다르게 붙박이장은 의류 적재 및 가구로 인한 기류정체가 발생할 수 있으며, 만약 외벽과 맞닿게 설계될 경우, 붙박이장 뒷판과 외벽 사이 공간의 열순환 부족으로 인하여 국부적 온도저하가 발생하게 된다.

또한, 대부분 의류수납을 욕실과 이격하여 설계하는 국외와는 달리, 국내에서는 평면적 한계가 존재하거나 거주자들이 욕실 사용 후 곧바로 환복 및 드라이기, 화장품을 사용 할 수 있는 거주 동선을 선호하기 때문에 드레스룸을 대부분 욕실과 접하도록 설계하고 있다. 하지만 이러한 공간 특성은 욕실 수증기가 유입될 위험이 크며, 거실 등 다른 욕실 주변 공간과는 달리 공간이 작고, 적재물이 많아 유입된 수증기가 정체되어 급격한 습도 상승이 나타날 위험이 높다.

이러한 온도 저하 및 습도 상승은 결로 발생의 주요 원인에 해당되며,

실제 하자심사분쟁 조정 위원회의 자료에 따르면 드레스룸의 결로 발생은 주로 열교부위, 창호, 단열문, 붙박이장 후면에서 많이 발생하는 것으로 보고되고 있다.



[그림 2.3] 시스템 행거 형식 드레스룸⁶⁾



[그림 2.4] 붙박이장 형식 드레스룸⁷⁾⁸⁾

6) <http://www.prugio.com/HOME/2016/yeongjongsky/main/index.asp?ipc=Y>

7) <http://www.houzz.com/photos/1230231/Walk-in-Closet-Bathroom-cabinets-wardrobes-closet-built-in-naples-closet-modern-bathroom-miami>

8) <http://ximula.com.au/products-storage-shelf-systems/x1-wardrobe-system-sydney/>

2.3 드레스룸의 결로방지 현황

2.3.1. 드레스룸의 결로방지 설계기준

윤경원 (2016)⁹⁾의 연구에 따르면, 오스트리아, 스위스, 프랑스, 네덜란드, 일본 등 대부분 국가에서는 결로저감을 위한 설계기준으로 벽체 및 열교 부위의 온도차이비율을 사용하고 있다. 이중 프랑스, 네덜란드의 경우, 단일적인 실내외 온습도 값과 온도차이비율을 제시하는 다른 국가들과는 다르게 건물용도(신축 주거용, 비주거용 등), 공간의 습도상태에 따라 서로 다른 온도차이비율을 제시하고 있다.

이와 흡사하게 현재 국내에서도 “공동주택 결로방지를 위한 설계기준”에서 결로저감을 위한 온도차이비율(이하 TDR이라고 칭함.)을 제시하고 있으며, 이는 드레스룸 또한 포함하고 있다. 본 설계 기준은 앞서 설명한 결로방지 방안 중 단열재를 통한 표면 온도 상승의 메커니즘에 해당되며, 겨울철 열교 발생 부위의 온도가 공간 노점온도 이하로 떨어지지 않도록 식 2.1과 같이 단열 설계 지표인 TDR값을 제시하고 있다.

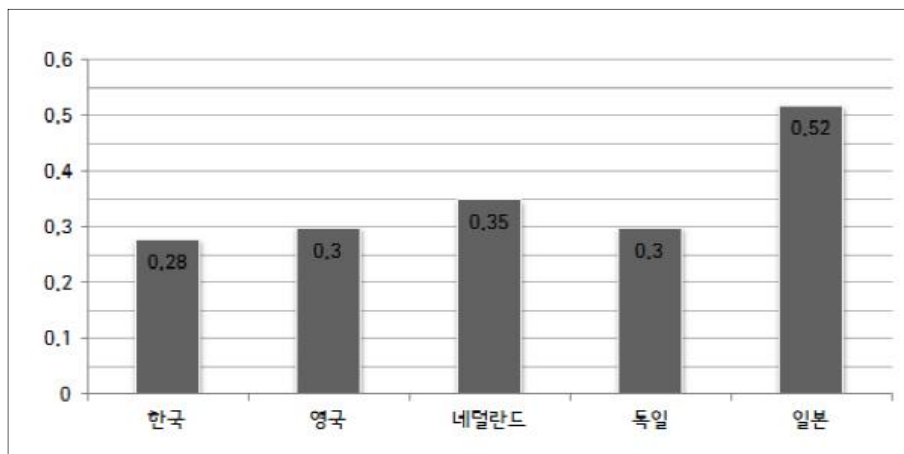
TDR을 평가하는 대상은 공동주택의 출입문, 벽체 접합부, 외기에 직접 접하는 창으로, 지역에 따라 다른 외기 온도를 적용하지만 실내 온습도 (25℃,50%)는 모든 지역에서 같다고 보고 있으며, 각 지역마다 준수해야 하는 TDR 값은 실내 온습도 기준 25℃,50%일 때의 노점온도보다 높은 온도를 유지할 수 있는 값이다. 정찬울 et al(2013)¹⁰⁾의 연구에 따르면 이러

9) 윤경원, "소형 공동주택의 온습도 조사를 통한 결로방지 설계기준 제안 연구", 2016., 성균관대학교 일반대학원

10) 정찬울, 김역탁, 송두삼 (2013), 국내 공동주택 결로 저감 기준의 분석, 대한건축학회 학술발표 논문집 제 33권 제2호

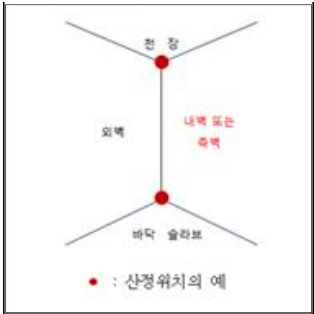
한 국내의 TDR 기준은 국외의 기준보다 상대적으로 높은 것으로 판단된다.

TDR을 통한 설계의 예를 들어보면, 지역Ⅱ의 단열 설계를 할 경우, 구조체는 TDR 값 0.25 이상으로 설계되어야 하고, [그림 2.8]와 같은 벽체 접합부의 온도가 15℃ 이상이 되어야 한다. 하지만 실제 주거 공간은 조리, 샤워, 운동 등의 거주자 활동으로 인해 실내 온습도가 설계기준에서 제시하는 25℃, 50%를 초과할 수 있으며, 만약 설계 기준에서 제시하는 TDR 값에 맞춰 단열 설계를 할 경우, 실내 온습도가 25℃, 70%만 되어도 결로가 발생할 것으로 판단된다.



[그림 2.5] 국내외 결로방지 설계기준 비교¹⁰⁾

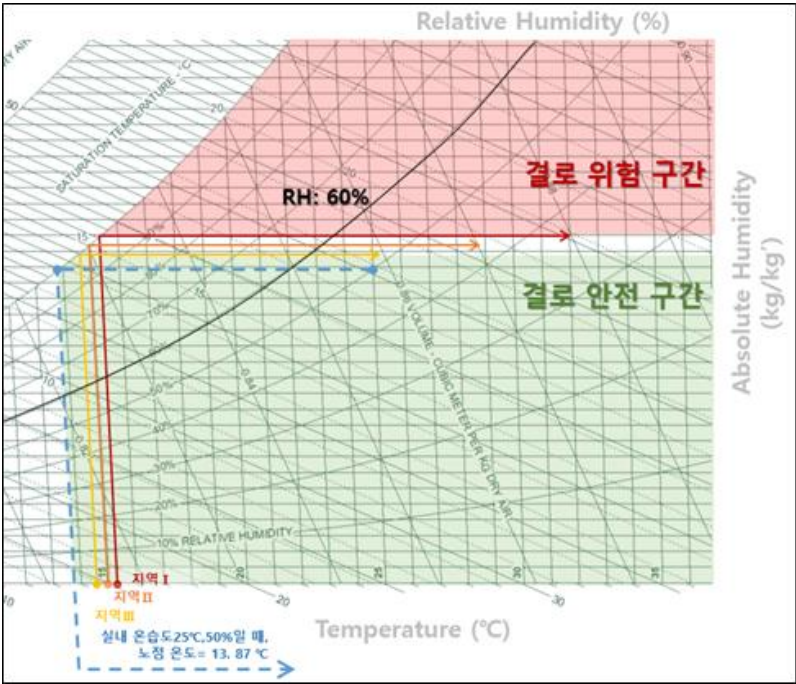
$$\text{온도차이비율}(\Delta TDR) = \frac{\text{실내 온도} - \text{적용대상 부위의 실내 표면 온도}}{\text{실내 온도} - \text{외기 온도}} \quad (2.1)$$



[그림 2.6] TDR 값 산정위치

대상부위		TDR값 ^{*)1), 2)}		
		지역 I	지역 II	지역 III
출입문	현관문	문턱	0.30	0.33
	대피공간 방화문			
벽체접합부		문틀	0.22	0.24
			0.23	0.25
외기에 직접 접하는 창	유리 중앙부위		0.16 (0.16)	0.18 (0.18)
	유리 모서리부위		0.22 (0.26)	0.24 (0.29)
	창틀 및 창막		0.25 (0.30)	0.28 (0.33)
			0.20 (0.24)	0.27 (0.32)
			0.32 (0.38)	

[그림 2.7] 지역 및 대상 부위에 따른 TDR 값
(최저 외기 온도:
지역 I = -20℃, 지역 II = -15℃, 지역 III = -10℃)



[그림 2.8] 지역에 따른 결로 발생 안전 구간 및 위험 구간 판단

2.3.2. 드레스룸의 결로방지 방안 조사

사례 및 문헌 조사, 인터뷰를 통하여 현재 건설사 및 거주자들이 드레스룸에 적용하고 있는 결로방지 방안에 대해 조사하였다. 조사한 대상에서는 드레스룸의 결로 발생원인을 1. 겨울철 공간 및 표면 온도 저하, 2. 욕실에서 부터의 습기 유입, 3. 드레스룸의 환기 부족으로 인한 습도 증가, 4. 불박이장 후면의 기류 정체로 인한 온도 저하 및 습기 정체, 4가지로 분류할 수 있었으며, 이를 토대로 조사한 결로방지 방안을 <표 2.3>과 같이 분류할 수 있었다.

이 중 온도 저하 부위 단열재 폭 확대 대안은 국내 건설사에서 일반적으로 사용하는 대안이고 앞서 설명한 현행 결로방지 설계기준에 해당된다. 이외에도 이미 대부분의 공동주택에서 욕실 환기팬을 적용하여 샤워 등의 욕실 사용 시 발생하는 습기를 제거하고 있으며, 관련 국내 법적 규제는 없는 상태이나 한국설비기술협회에서는 정풍량 욕실 환기팬에 대해 30~60CMH의 기준을 제시하고 있다.¹¹⁾ 하지만 세대에 따라 나타나는 욕실 환기팬 성능 및 제어방식이 다르고, 거주자의 샤워 등 욕실 사용 시간, 온수 온도 등에 따라 습기 발생량이 달라지기 때문에 환기팬을 통한 욕실 수증기 제거 효과에 대한 적절한 검토가 필요하다.

드레스룸 및 불박이장 바닥의 난방 배관 설치 대안과 드레스룸의 환기팬 적용 대안은 이미 일부 공동주택에 적용된 대안이며, 국토교통부에서는 드레스룸 및 불박이장의 결로방지를 위해 본 내용을 의무적으로 적용할 수 있도록 금년에 고시할 예정이다.¹²⁾ 이외에도 일부 건설사에서는 외기에 접

11) 한국설비기술협회(KARSE). (2015). 정풍량 욕실 환기팬

12) 국토교통부.(2016).http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95078271

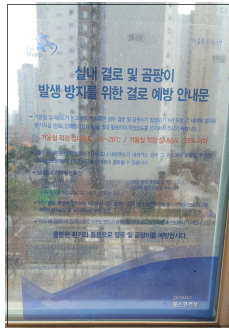
한 불박이장 설치 시 이격 거리를 두고 설치하고 있었으며, 불박이장 후면 환기팬 설치에 대한 시공 가능성 및 비용평가를 진행하고 있었다.

또한 일부 건설사에서는 세대 분양 시 결로 예방 스티커를 부착하여 욕실에서 발생된 습기가 드레스룸으로 유입되지 않도록 욕실 문을 닫고 충분한 환기를 하도록 유도하거나 주기적인 드레스룸 환기를 유도하고 있다. 이외에도 거주자들은 제습기 및 제습제를 별도로 사용함으로써 드레스룸의 결로방지를 시도하고 있다.

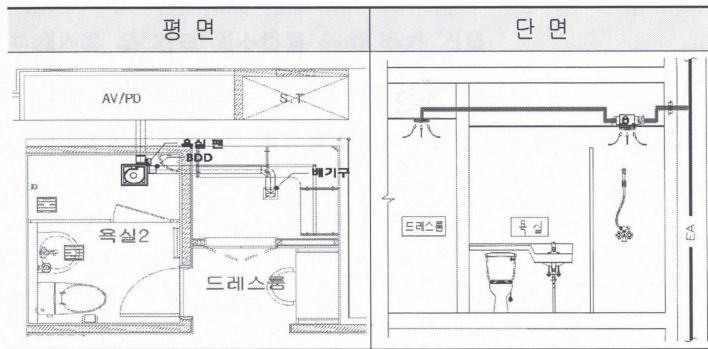
<표 2.3> 드레스룸 결로방지 방안 분류

결로 발생원인	결로방지 방안
거울철 공간 및 표면 온도 저하	드레스룸을 외기와 접하지 않도록 설계 ¹³⁾
	불박이장 바닥까지 난방 배관 설치 ¹³⁾
	드레스룸 난방 배관 설치 ¹³⁾
	온도 저하 부위 단열재 폭 확대 ¹⁴⁾
욕실에서 부터의 습기 유입 방지	욕실에 적정 환기팬 적용
	결로 예방 스티커로 습기가 드레스룸으로 유입되지 않도록 문을 닫고 충분한 욕실 환기를 할 수 있도록 유도 [그림 2.8]
드레스룸 환기 부족으로 인한 습도 증가	제습기 및 제습제 사용
	드레스룸 환기팬 적용 (욕실, 드레스룸 연동 환기 포함)
	욕실 및 드레스룸 환기팬 연동 방안 적용[그림 2.8] ¹³⁾
	결로 예방 스티커 부착으로 재실자의 주기적 환기 유도 [그림 2.8]
불박이장 후면 기류 정체로 인한 온도저하 및 습기 정체	불박이장에 통기구 설계 [그림 2.10]
	불박이장 설치 시, 벽체와 이격 거리 설정 ¹⁰⁾
	불박이장과 외벽 사이 기류가 순환 될 수 있도록 환기팬 설치
	불박이장 대신 갤러리 도어, 시스템 행거 적용 [그림 2.11]

13) 한국토지주택공사. (2015). 드레스룸, 불박이장 결로하자 관련 설명자료



[그림 2.9] 세대에 부착된 결로 예방 스티커 (포스코 건설 아파트)



[그림 2.10] 욕실 및 드레스룸 환기팬 연동 대안¹³⁾



[그림 2.11] 붙박이장에 통기구 설계¹⁵⁾

[그림 2.12] 갤러리 도어 붙박이장¹⁶⁾

14) 포스코건설, LH, 삼성물산, 대림산업, 현대건설. (2015). 결로기준 세미나 발표자료

15) 경기도 공동주택과. (2016). 2016 경기도 공동주택품질검수 매뉴얼

16) http://www.momoz.kr/bbs/board.php?bo_table=b_a&wr_id=109

2.4 드레스룸 결로방지에 대한 기존연구

오랫동안 국내·외에서 주거 공간 결로발생 및 방지에 대한 연구가 진행되어왔다. 하지만 국내 드레스룸의 경우, 국외와는 다르게 욕실과 인접하게 설계되는 경우가 많고, 1990년도 후반부터 설계가 활발히 된 공간이기 때문에 결로방지에 대한 연구는 비교적 최근에 보고되고 있으며, 연구 내용이 많지 않아 다양한 연구 분석에 어려움이 있다. 따라서 본 절에서는 욕실과 인접하게 설계되는 국내 드레스룸 특성을 고려하여, 드레스룸, 욕실 옆 전이실, 붙박이장에 대한 온습도 환경 및 결로방지에 대하여 기존 연구를 고찰하였다.

1. 드레스룸

드레스룸의 온습도 환경은 김예진 et al. (2016)¹⁷⁾의 연구를 참고할 수 있다. 본 연구에서는 샤워 후 욕실 문을 열었을 경우 드레스룸 및 붙박이장 내부의 습도는 80%이상으로 상승되는 것으로 나타났다. 이와 다르게 드레스룸 벽체의 온도는 거의 변화가 없었으며, 급격한 습도 상승과 낮은 표면 온도를 겨울철 드레스룸 결로발생 원인으로 판단하였고, 환기를 통한 습도 저감 방안을 통하여 드레스룸의 결로방지를 하는 것이 바람직한 것으로 판단하였다.

김종엽 et al.(2014)¹⁸⁾의 연구에서는 CFD를 통해 욕실 환기팬과 드레스룸 및 붙박이장의 급, 배기팬을 연동 할 경우 드레스룸의 결로방지 효과를

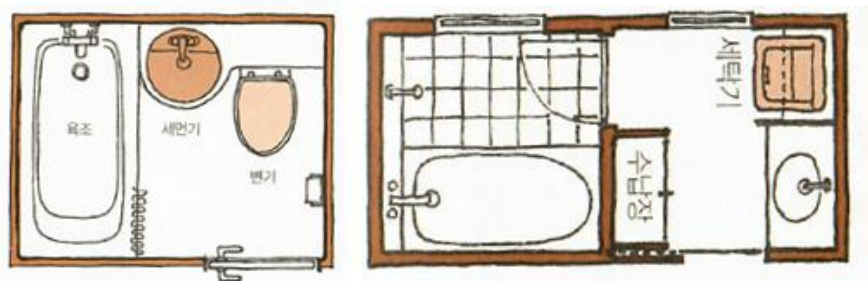
17) 김예진, 이준혜, 이창래, 여명식, 김광우. (2016.04). 실측을 통한 욕실 사용 후 드레스룸 및 붙박이장 온습도 환경 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 253-254.

18) 김종엽, 황하진, 김길태, 류창수, 김경식, (2014), 공동주택 결로 종합대책 방안 연구, 토지주택 연구원

분석하였다. 연구 결과, 욕실과 옷장 위에 환기팬이 가동될 경우 결로방지 효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

2. 욕실 옆 전이실

욕실 옆 전이실은 일반적으로 일본에서 많이 사용하고 있는 공간이다. 일본의 경우 한국의 유닛 타입 욕실과는 다르게 욕실과 세면실이 분리된 욕실을 사용하고 있는데, 세면실에는 세탁기 및 수납장이 같이 설치되는 경우가 많고, 탈의실이나 전이실이라고 부르는 경우가 많다. 본 논문에서는 이 공간을 전이실이라고 명명하였다.



a) 유닛 타입

b) 일본식 욕실 타입

[그림 2.13] 욕실 타입¹⁹⁾

Hiroshi YAMAGUCHI et al.(1995)²⁰⁾는 [그림 2.14]와 같이 목욕 전, 후의 욕실과 전이실의 온도 변화를 측정하였으며, 전이실 욕실과 다르게 목욕 후 온도 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.

19) Susumu Masuda. (2009). The anatomical chart of homes, pp76-79

20) 山口浩司, 小出陽子, 大野秀夫, 久野覚, & 奥宮正哉. (1995). 冬の脱衣室における温熱環境の実態. 人間-生活環境系シンポジウム報告集, 19, 116-119

Table 3 Temperature in Living Area,
Changing Room and Bath Room
(Average according to District)

	Suburban		Urban
	Indivi- dual	Aggregate	
	A	B	C
Living area	19.2	20.2	20.1
Changing room (Before bathing)	10.9	11.7	17.7
Bath room (Start to bath)	11.7	9.5	16.6
Bath room (After bathing)	17.7	15.5	19.0
Changing room (After bathing)	11.6	12.1	18.2

[그림 2.14] 목욕 후 전이실 온도 변화²⁰⁾

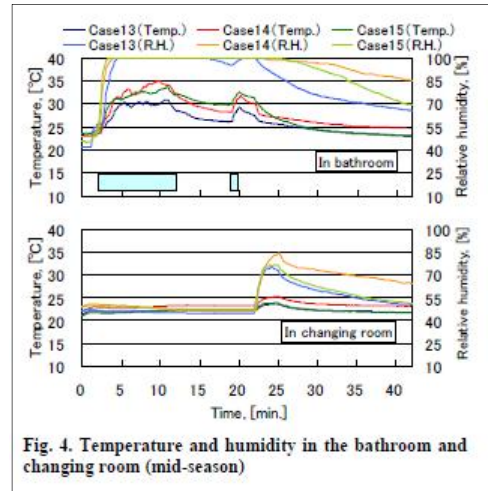
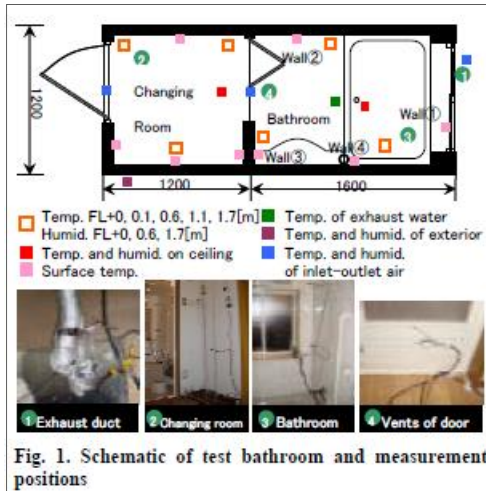
Aizawa, Y et al. (2006)²¹⁾의 연구에서는 샤워 및 목욕으로 인한 습기 발생량을 측정하고 욕실과 전이실의 온습도 변화를 계절 및 욕실 환기 패턴에 따라 분석하였다. 연구 결과, 욕실 사용을 하는 동안 119m³/h (30 ACH)의 욕실 환기팬을 가동했음에도 불구하고 욕실 상대습도는 100%로 매우 높은 값을 나타냈으며, 전이실 또한 70~90%의 굉장히 높은 상대습도 값을 나타내었다. 또한 욕실 사용 후 20min 동안 욕실 환기팬을 지속적으로 가동했으나 욕실에서 전이실로 유입된 습기를 모두 제거할 수 없었다. 또한 겨울철에 욕실 환기를 하면서 샤워를 할 경우, 약 4℃의 온도 저하가 발생하는 것으로 나타났다.

또한 Aizawa, Y et al. (2007)²²⁾의 연구에서는 24시간 욕실 환기를 할

21) Aizawa, Y., Tanabe, S., Amai, H., Watanabe, K., & Yokoo, K. (2006). Thermal environment and moisture production in the bathroom. In Healthy Buildings: Creating a Healthy Indoor Environment for People, HB 2006.

22) Aizawa, Y., Tanabe, S. I., Yokoo, K., Watanabe, K., & Amai, H. (2007). Amount of moisture production and field measurement in dressing room. In 6th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings: Sustainable Built Environment, IAQVEC 2007.

때의 전이실 온습도 변화를 측정하였는데, 이때 전이실 습도 저감 효과는 욕실 사용 후에만 환기팬을 가동하는 것보다 좋았지만 습도는 80% 이상을 도달하는 구간이 존재하여 여전히 결로 발생 위험이 있을 것으로 판단된다.



[그림 2.15] 욕실 사용으로 인한 욕실 및 전이실 온습도 변화²¹⁾

3. 불박이장

불박이장 온열 환경에 대한 대표적인 연구로 이현화 et al. (2015)²³⁾의 연구를 들 수 있다. 본 연구에서는 겨울철 채실자 거주 상태에서 불박이장 설치 공간의 특성 및 불박이장 내부 결로 가능성을 분석하였으며, 불박이장 결로는 불박이장 뒷판과 구조체 벽면, 천장, 바닥에 면하는 우각부 및 벽면의 공기층에서 발생하는 것으로 판단되었기에 불박이장은 외벽, 코어

21) Aizawa, Y., Tanabe, S., Amai, H., Watanabe, K., & Yokoo, K. (2006). Thermal environment and moisture production in the bathroom. In Healthy Buildings: Creating a Healthy Indoor Environment for People, HB 2006.

23) 이현화, 오혜린, 임재한, 송승영. (2016.7). 공동주택의 불박이장 설치 공간에서 결로 발생 현상 진단을 위한 동계 실내 온열 환경 평가. 대한건축학회 논문집 - 계획계, 32(7), 131-140

등에 면하지 않도록 설치하는 것을 권장하며 그렇지 않을 경우 주변 단열 강화가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 불박이장 내부의 온습도가 주변 공간의 온습도 변화 추세에 따르는 것으로 나타났다.

이러한 불박이장 내부 온습도 변화 특성은 갤러리 도어 및 시스템 행거 설치를 통해 더 두드러지게 나타날 것으로 판단된다. 김종엽 et al.(2014)¹⁸⁾는 불박이장에 갤러리 도어를 적용하여 결로방지 효과를 예측하였는데, 갤러리 도어를 설치하지 않았을 때에 비하여 불박이장 내부 온습도가 주변공간의 온습도에 따라 더 빠르게 변화하는 것으로 나타났으며, 이는 갤러리 도어나 시스템 행거 설치 시, 겨울철 의류수납 공간의 온도상승 및 여름철 불박이장 내부에 정체되어있는 습도 저감에 도움이 될 것으로 확인되었다.

하지만 만약 갤러리 도어 및 시스템 행거가 욕실 옆 드레스룸에 설치될 경우, 욕실 수증기 발생으로 인해 오히려 습도 증가가 나타날 위험도 있으며, 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

기존연구를 고찰함으로서 욕실 옆 드레스룸의 경우, 샤워 등 욕실 사용으로 인해 습도 상승이 크게 나타나는 것으로 나타났다. 하지만 이에 반해 온도상승은 크지 않을 것으로 예상된다. 또한 드레스룸 (혹은 전이실)의 결로방지를 위해서는 욕실, 드레스룸 (혹은 전이실)에 환기를하는 것이 효과적이라 판단되었으나, 환기를 적용 할 대상 공간, 환기 스케줄 선정, 환기 용량에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

만약 드레스룸에 불박이장을 설치할 경우, 불박이장 내부는 드레스룸의

18) 김종엽, 황하진, 김길태, 류창수, 김경식, (2014), 공동주택 결로 종합대책 방안 연구, 토지주택 연구원

습도 변화 추세에 따라 변화할 것으로 판단된다. 또한 불박이장이 외벽측으로 설치될 경우, 열 순환이 원활하지 않아 뒷판과 외벽 사이의 공간에서 온도저하가 발생하기 쉽다. 따라서 이러한 불박이장에는 추가적으로 단열 및 가열을 통하여 결로방지를 하는 것이 이로울 것으로 판단된다.

2.5 소결

본 장에서는 본 연구의 필요성 확인 및 방향을 선정하기 위한 예비적 고찰을 진행하였다. 가장 우선적으로 드레스룸을 포함한 주거 공간의 결로발생 현황 및 원인에 대하여 파악하고, 드레스룸의 특징과 현재 건설사 및 거주자들이 드레스룸에 사용하고 있는 결로방지 설계기준 및 방안을 조사하였다. 또한 드레스룸 결로방지에 대한 기존 연구들을 고찰함으로써 추가적으로 진행되어야 연구 내용을 수립하였다. 본 장의 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 현재 국내 드레스룸에 적용되고 있는 결로방지 설계기준은 “공동주택 결로방지를 위한 설계기준”으로, 단열 설계기준에 해당되며 이는 국외 기준과 비교 시 상당히 높은 기준으로 확인되었다. 하지만 대체적으로 욕실 옆에 설치되는 국내 드레스룸의 경우, 결로방지 설계기준에서 제시하고 있는 단열 설계기준만으로 결로방지가 어려우며, 욕실에서 발생하는 수증기를 해결할 수 있는 결로방지 설계기준이 필요할 것으로 판단된다.
- 2) 현재 건설사 및 거주자들은 드레스룸 결로방지를 위하여 단열, 가열, 제습, 환기 메커니즘을 따르는 여러 가지 결로방지 방안을 사용하고 있으나, 아직까지 드레스룸을 대상으로 한 결로방지 연구는 보고된 바가 적으며, 본 연구에서는 각 결로방지 방안들에 대한 효과를 평가함으로써 적절한 결로방지 방안을 제시할 필요가 있을 것으로 판단된다.

- 3) 기존연구를 통해 드레스룸의 결로방지 시, 환기방안이 비교적 효과적인 방안으로 예상된다. 하지만 기존 연구에서는 환기방안에 대한 구체적인 연구가 진행되지 않았으며, 본 연구에서는 환기 적용 공간, 가동 스케줄, 환기용량에 대한 분석을 재고하여 드레스룸 결로방지 방안에 대한 효과를 평가하였다.

제 3 장 드레스룸의 결로발생 환경특성 분석

본 장에서는 측정을 통하여 드레스룸의 결로발생 환경특성을 분석하였다. 가장 우선적으로 측정 대상지를 선정하기 위해 결로 하자사례집을 활용하여 드레스룸 평면 유형에 따른 결로발생 위험도를 분석하고, 드레스룸의 결로발생 환경특성을 대표할 수 있는 드레스룸 유형과 거주자 생활 패턴을 선정하여 드레스룸의 벽체 및 공간 온습도 변화를 측정하였다. 또한, 본 장의 내용은 추후 4장에서 드레스룸의 결로방지 방안 적용 계획 및 시뮬레이션 모델 검증을 위해 활용되었다.

3.1 드레스룸 평면유형별 결로발생 위험도 분석

실제 결로 발생 위험도가 높은 드레스룸 평면유형을 판단하기 위해 국내 드레스룸의 결로하자 사례를 조사하였으며, A건설사의 송도에 위치한 한 아파트 단지를 대상으로 접수된 겨울철(2014.10~2015.02) 결로하자사례집을 활용하였다. 본 아파트 단지 드레스룸이 설계된 평면유형은 총 6 종류였으며, 드레스룸의 결로 발생 하자가 접수된 세대는 총 45세대였다.

주거 공간에서의 대표적 결로 발생 원인은 표면 온도 저하와 공기 습도 상승을 대표적인 예로 들 수 있으며, 이러한 현상의 발생 가능성을 예측하기 위해 본 아파트 단지의 평면유형은 <표 3.1> 같이 벽체 접합유형 및 공간유형으로 분류하였다. 벽체 접합유형은 겨울철 온도저하 발생 정도에 따라 직접외기, 간접외기, 실내로 분류하였으며, 공간유형은 수증기가 발생하는 정도에 따라 욕실, 발코니, 침실로 분류하였다.

이중 84A, 84C는 일부 벽체가 간접외기와 접해있었지만, 접하고 있는 벽체 면적이 외벽에 비해 현저히 적었기 때문에 2IA+2OA 특성과 유사하게 유형에 포함되는 것으로 판단하였다.

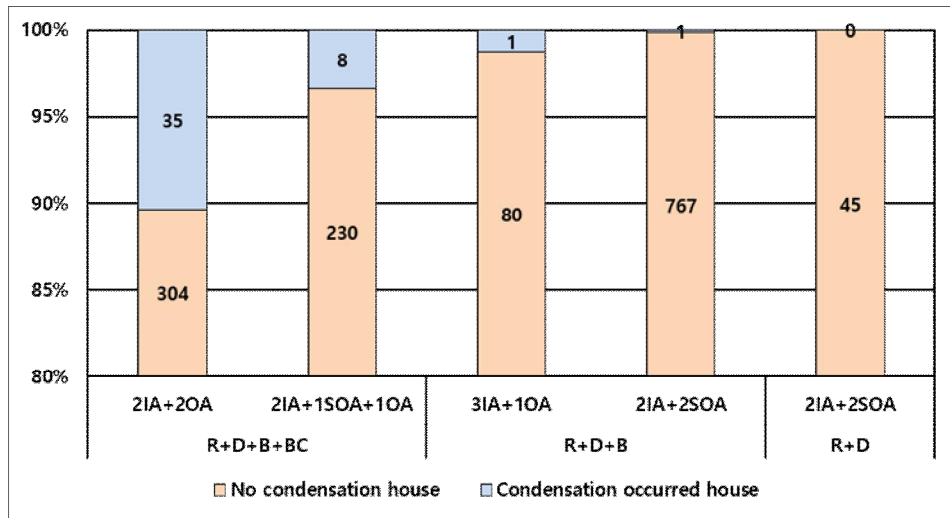
하자사례집 분석 결과, 접수된 하자의 결로 발생 위치는 드레스룸 창호, 창호 하단 벽체, 단열문으로 확인되었으며, 결로 하자 사례집을 통하여 불박이장 후면 결로 발생유무는 육안으로 확인할 수 없었지만, 전문가 인터뷰를 통해 불박이장 후면에 결로 및 곰팡이가 종종 발생하는 것으로 나타났다.

평면유형별 결로가 발생한 세대를 살펴보면, 직접외기와 접한 벽체 비율이 커질수록 드레스룸의 결로발생 세대가 많은 것을 확인할 수 있었고, 드레스룸이 욕실 및 발코니와 이어진 평면유형이 비교적 결로발생 세대비율이 높은 것으로 확인되었다.

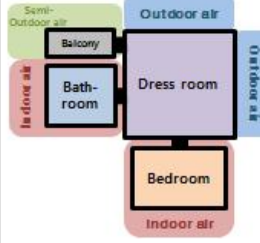
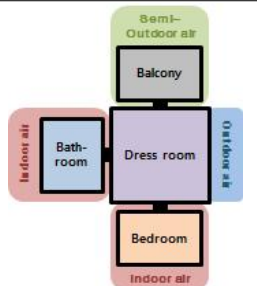
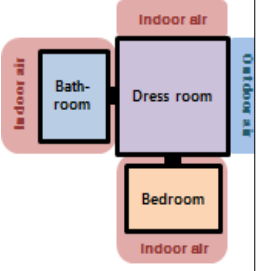
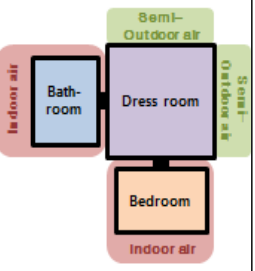
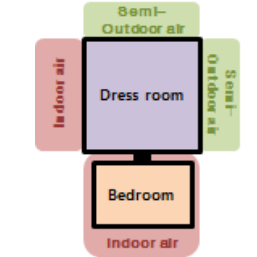
이러한 평면유형과는 달리 드레스룸이 직접외기와 접하지 않는 평면유형의 결로발생 세대비율이 현저히 낮은 것을 확인할 수 있으며, 84B, 98 유형은 수증기가 발생 되는 욕실과 접함에도 불구하고, 84A, 84C유형과는 달리 결로발생 세대비율이 굉장히 낮은 것으로 확인되었다.

따라서 드레스룸의 결로발생은 외기 및 욕실과 접하고 있는 평면에서 주로 발생하게 되며, 그 원인으로는 벽체가 외기와 접하면서 겨울철 온도저하가 크게 나타나게 되고, 욕실에서부터 유입된 수증기로 인하여 습도가 상승되기 때문이라 판단된다. 만약 드레스룸이 외기와 접하지 않을 경우, 결로발생의 위험은 크지 않을 것으로 판단되나, 이와 달리, 현재 국내 드레스룸은 대부분 외기 및 욕실과 접하도록 설계되고 있어 결로발생 위험이 크며, 이러한 드레스룸의 건축적 특성에 대한 결로방지 방안이 요구된다.

<표 3.1> 하자사례집을 통한 평면 유형별 결로 발생 세대 수



<표 3.2> 하자사례 집을 통한 평면유형 분류

평면 유형	84A, 84C	115	125	84B, 98	84D
					
벽체 접합 유형	2IA+2OA	2IA+1SOA+1OA	3IA+1OA	2IA+2SOA	2IA+2SOA
실 구성 유형	R+D+B+BC	R+D+B+BC	R+D+B	R+D+B	R+D

Note. R-Bedroom, D-Dress room, B-Bathroom, H-Hallway, BC-Balcony, IA-Indoor Air, SOA-Semi Outdoor Air, OA-Outdoor Air

3.2 드레스룸의 결로발생 환경 측정

3.2.1. 측정 대상 선정

앞서 드레스룸 평면유형별 결로발생 위험도를 분석한 결과, 외기와 접하지 않도록 실내측으로 설계된 드레스룸의 경우, 결로발생 위험이 거의 없는 것으로 확인되었으며, 이와 반대로 현재 국내에서 많이 설계되고 있는 외기 및 욕실과 접하고 있는 유형의 드레스룸에서는 결로발생 위험이 큰 것으로 간주되었다. 따라서 드레스룸의 결로발생 환경 측정은 드레스룸의 결로발생 위험도가 가장 큰 외기 및 욕실과 접하는 유형의 드레스룸을 대상으로 하여, 드레스룸의 습도 상승의 원인으로 예측되는 거주자 활동을 모사하여 진행하였다.

드레스룸의 주요 수증기 발생원은 1. 습한 외기, 2. 욕실 수증기, 3. 침실 등의 공간의 가습기를 예상할 수 있다. 하지만 겨울철에는 실내에서 난방을 하고 있기 때문에 외부 습기가 유입되어도 실내 습도 상승은 크지 않으며, 가습기는 일반적으로 설정 습도에 따라 가동되고, 가습기의 수증기 발생량은 욕실 수증기 발생량보다 현저히 적다²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾. 따라서 드레스룸의 습도 증가는 욕실 수증기 유입을 주요 원인으로 볼 수 있으며, 이광명 (2005)²⁷⁾의 연구를 통해 샤워 시 수증기 발생량이 목욕을 할 때보다 많은

24) Angell, W. J., & Olson, W. (1988). Moisture sources associated with potential damage in cold climate housing. Cold Climate Housing Information Center, University of Minnesota.

25) Yik, F. W. H., Sat, P. S. K., & Niu, J. L. (2004). Moisture generation through Chinese household activities. Indoor and built environment, 13(2), 115-131.

26) TenWolde, A., & Pilon, C. L. (2007). The effect of indoor humidity on water vapor release in homes. Proceedings of Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X.

27) 李光明, "共同住宅 浴室의 機械 換氣시스템 設計에 관한 研究", (2005), 大邱大學校 大學院

것을 확인함으로서, 드레스룸 습도 상승은 드레스룸 옆 욕실에서 샤워를 하는 것으로 모사하는 것이 합당할 것으로 판단된다.

3.2.2. 측정 개요

측정은 2016년 2월 인천에 위치한 공동주택 중간세대에서 진행되었으며, 드레스룸 평면유형은 일부 벽체가 외기와 접해있고, 욕실과 침실 사이에 드레스룸이 위치하는 유형이었다. 측정 시, 샤워 중에는 욕실 문을 닫은 상태로 진행하였으나, 드레스룸의 결로 발생 위험도가 높은 극악의 조건을 모사하기 위해 샤워 후에는 욕실 문은 계속 개방한 상태였다. 드레스룸 문은 측정자가 출입 할 때를 제외하고 계속 닫은 상태로 두었다. 또한, 본 측정 대상지는 설정온도 25℃로 난방이 되고 있었으며, 욕실 환기팬은 가동하지 않았다. 상세한 측정 위치 및 스케줄 선정은 다음과 같다.

1) 측정 위치 선정

측정센서 위치 및 드레스룸 평면도는 [그림 3.1]과 같았으며, 따뜻한 습공기의 부력으로 인한 이동특성을 고려하여 드레스룸 공간(A, B)에서는 각각 2.2m, 1.2m 높이에서 온습도를 측정하였다. 드레스룸의 의류수납 특성을 반영하기 위해 붙박이장 내부에 의류를 배치하고 선반 및 의류로 인한 기류 정체를 고려하여 결로 위험도가 가장 높은 붙박이장 상부를 붙박이장 내부 대표 온습도 값으로 선정하였다. 또한, 붙박이장과 벽체 틈새를 통한 수증기 유입량을 측정하기 위해 붙박이장 상부에 있는 통기구는 막은 채로 붙박이장 후면의 온습도를 측정하였다.

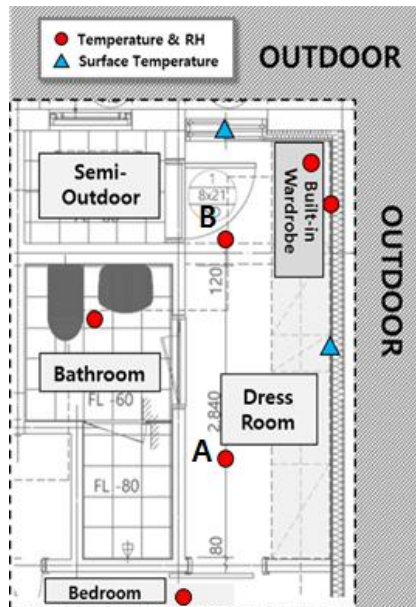
2) 측정 스케줄 선정

샤워는 약 10min동안 샤워기로 온수를 틀어놓는 것으로 모사 하였다. 본 샤워 시간은 Blockker, E. J. M. (2005)²⁸⁾가 분석한 샤워 시 온수 사

용 시간[그림 3.3]을 토대로 선정하였으며, 간이측정을 통해 선정된 샤워 시간동안 측정 기기 표면에서 결로가 발생하지 않는 것을 확인하였다. 샤워 후에는 욕실 문은 열거나 닫아둔 채로 10min 동안 욕실 및 드레스룸의 공간 온습도 및 벽체의 온도 변화를 측정하였다.

[표 3.3] 측정 개요

구분		개요
위치		인천 송도
측정시기		2016.02
드레스룸 평면 유형		3) 일부 벽체가 외기와 접함 4) 욕실과 침실 사이에 위치함
측정 기기	공간 온습도	Data Logger (MCH-383SD,SK-L200TH II α)
	벽체 표면 온도	Thermal couple (T type) National Instrument Device

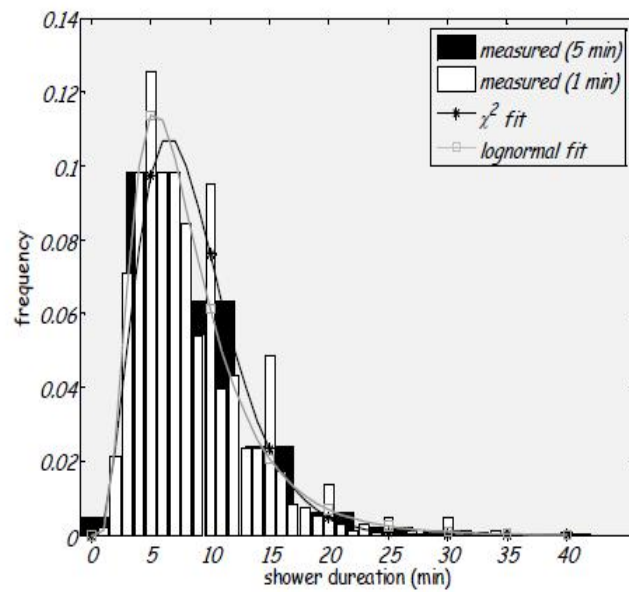


[그림 3.1] 측정센서 위치 및 평면도

- 28) Blokker, E. J. M., & Vreeburg, J. H. G. (2005, May). Monte Carlo simulation of residential water demand: A stochastic end-use model. In World Water Congress, Reston, VA, USA, American Society of Civil Engineers.



[그림 3.2] 측정 세대의 욕실 및 드레스룸



[그림 3.3] 샤워 시간 빈도²⁷⁾

3.3 측정결과를 통한 드레스룸 결로발생 환경특성 분석

3.3.1. 드레스룸의 온습도 변화

측정 기간 중 비가 내렸기 때문에 외기 습도 및 실내 습도는 비교적 높은 것으로 나타났다. 하지만 황하진 et al.(2015)²⁹⁾에서 조사한 국내 공동주택의 일반적인 실내 온습도 범위(20~24℃, 40~60%)에 포함되는 것으로 사료되었다.

측정 기간 중, 측정 대상지의 벽체 및 마루에는 눈에 띄는 결로수는 없었으나 벽지에 습한 감이 있었고, [그림 3.4]와 같이 외벽 측 거울 및 창호에 소량의 결로가 발생하는 것으로 나타났다. 측정 결과를 살펴보면, [그림 3.5]와 같이 샤워 후 욕실에서부터 높은 온도의 수증기가 드레스룸으로 유입되는 것을 볼 수 있으나, 드레스룸의 창호 및 벽체의 표면 온도와 공간의 온도 상승은 미미했으며, 오히려 드레스룸의 온도 변화는 유입된 욕실 수증기 온도보다는 외기온도의 변화 추세에 따라 변화하는 것으로 나타났다. 이와 반대로 드레스룸의 습도는 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 불박이장 내부의 경우, 드레스룸에 비해 습도 상승이 느리게 나타났으나 초기 습도보다 약 10% 증가하는 것으로 확인되었다.

각 측정 위치의 절대습도 변화는 [그림 3.6] d) 와 같이 나타났으며, 본 측정 결과를 통하여 욕실에서 발생한 수증기가 욕실-드레스룸-불박이장 내부-불박이장 후면 순으로 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 이중, 불박이장의 후면은 기류순환이 원활하지 않아 습도 변화가 거의 없는 것으로 나타났지만, 만약 불박이장에 통기구가 설치되거나, 불박이장 과 벽체 사

29) 황하진, 김길태, 유정현, 황인태. (2015.8). 공동주택 세대 내 결로방지 설계기준 개선방안. 한국건축환경설비학회 논문집, 9(4), 319-324.

이가 기밀하게 시공되지 않을 경우, 불박이장 후면에서도 습도 상승이 나타날 것으로 판단된다.

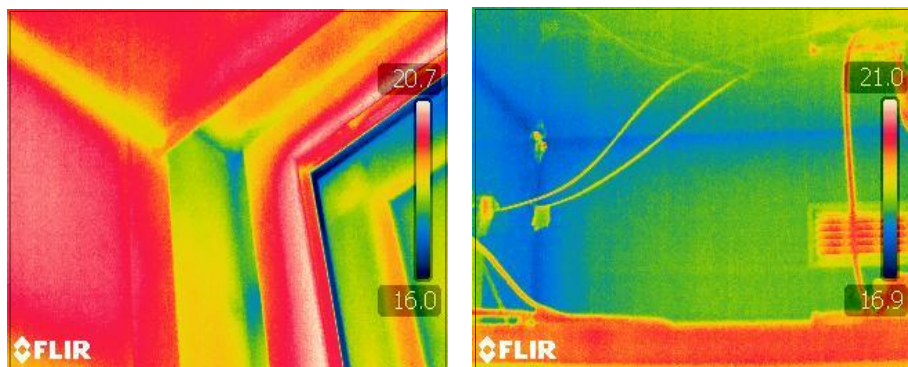
위의 측정 결과를 토대로 드레스룸의 습도 증가는 욕실 수증기 유입에 큰 영향을 받는 것을 확인할 수 있었으며, 드레스룸의 결로 발생은 욕실 사용 후 드레스룸으로 유입된 수증기가 드레스룸의 습도를 급격히 상승시키고, 동시에 드레스룸의 노점온도가 벽체 표면 온도보다 상승되면서 나타나는 것으로 사료된다.



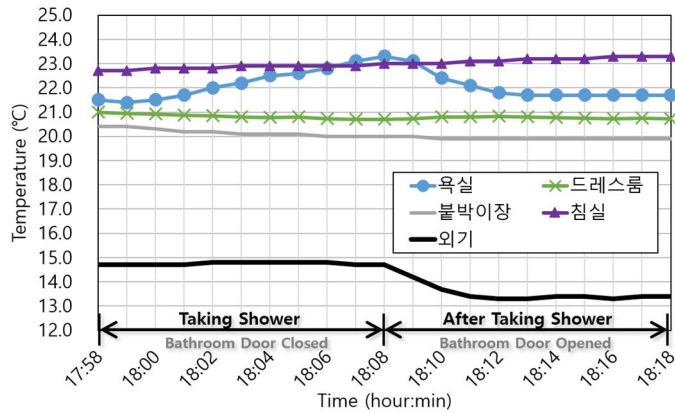
a) 창호의 결로 발생

b)외벽측 거울의 결로 발생

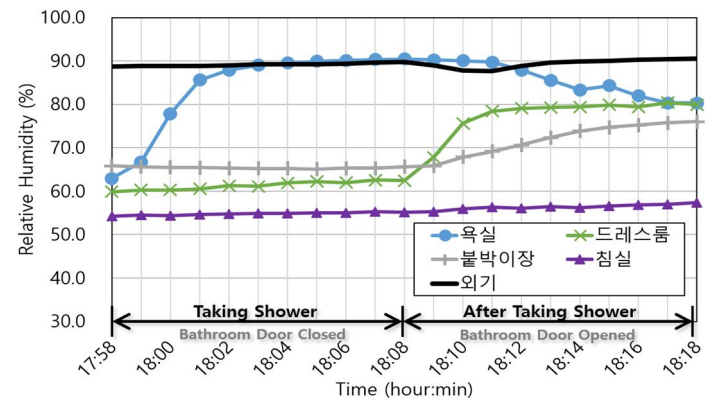
[그림 3.4] 측정 기간 중 드레스룸의 결로 발생



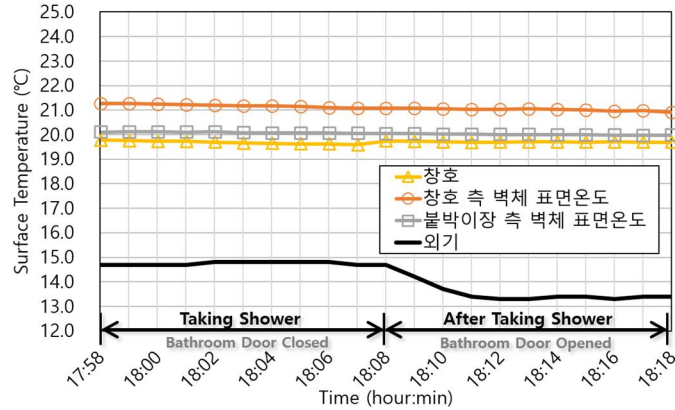
[그림 3.5] 열교부위 온도



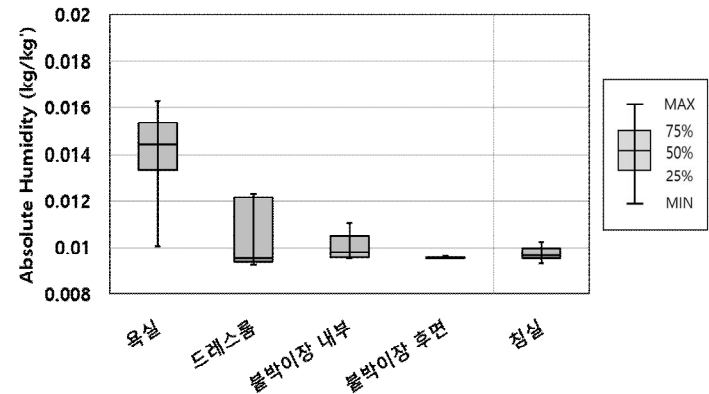
a) 공간 온도 변화



b) 공간 습도 변화



c) 벽체 및 창호 표면 온도 변화



d) 샤워 후 욕실 및 드레스룸의 절대습도 변화

[그림 3.6] 샤워 후 드레스룸의 온습도 변화 (욕실 문 opened)

3.3.2. 욕실 문 개폐에 따른 드레스룸 습도 변화

앞서 욕실 수증기 유입이 드레스룸의 주요 수증기 발생원이 될 것으로 판단하였으며, 측정을 통하여 드레스룸의 벽체 표면 온도는 크게 저하되지 않았음에도 불구하고 급격한 습도 증가가 나타났기 때문에 드레스룸에 결로가 발생한 것으로 확인하였다.

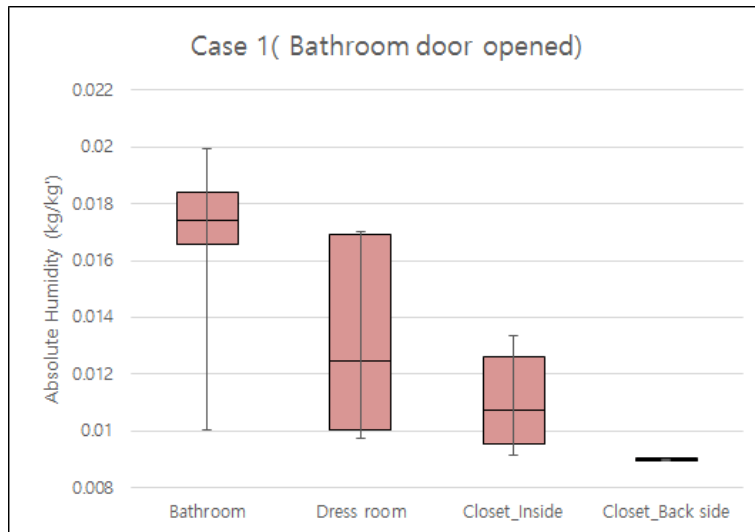
본 절에서는 이러한 욕실 수증기 유입을 차단할 경우, 드레스룸의 습도 변화를 살펴보았으며, 위의 측정 대상지에서 샤워 후 욕실 문 개폐 여부에 따른 드레스룸 습도 변화를 분석하였다. 본 측정에서는 욕실문 개폐 여부에 따른 수증기 차단 효과를 검증하기 위하여 욕실 수증기 발생량이 많도록 하였고, 따라서 욕실 사용 시간은 비교적 길게 하여 20min으로 하였다.

측정 결과, [그림 3.7]과 같이 샤워 후 욕실 문을 열어둘 경우, 드레스룸으로의 수증기 유입이 많아 결로발생 위험이 커질 것으로 판단된다. 이와 반대로, [그림 3.8]과 같이 샤워 후 욕실 문을 바로 닫음으로써 드레스룸으로 유입되는 수증기를 대부분 차단 할 수 있었다. 하지만 본 측정 대상지에서는 기밀도가 낮은 유리로 된 욕실 문을 사용하였기 때문에 문을 닫았음에도 소량의 수증기 유입이 발생한 것으로 판단된다. 하지만 만약 기밀도가 높은 욕실 문을 사용할 경우, 이러한 습기 유입은 대부분 차단이 가능할 것으로 예상되며, 드레스룸의 결로방지 효과가 더욱 좋아질 것으로 판단된다.

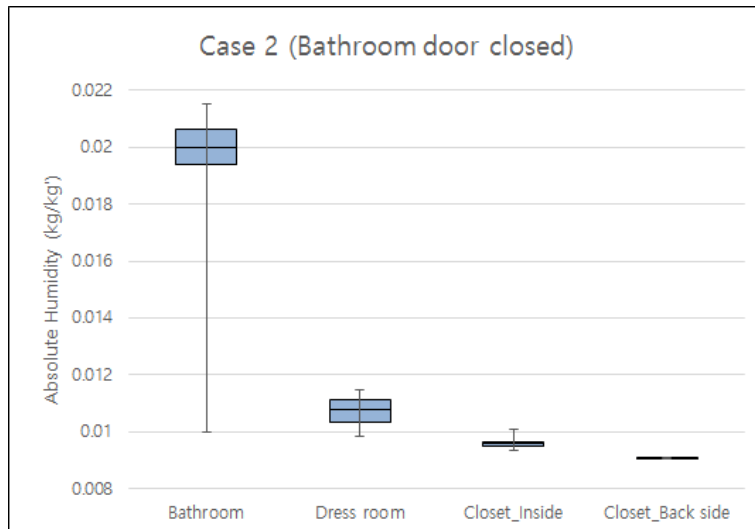
또한, 욕실 문을 닫았을 경우, 드레스룸으로의 습기 유입은 크게 줄어드나, 욕실의 잔여 습기가 여전히 존재하기 때문에 환기를 통한 제거가 필요하다. 따라서 욕실 수증기 차단, 혹은 욕실 환기팬 가동을 통한 드레스룸 결로방지는 단일 방안만으로 이루어져서는 안 되며, 두 가지 방안이 동시

에 이루어 져야 한다.

샤워 등 욕실 사용 후, 욕실 문을 닫은 채로 욕실 환기팬을 충분히 가동하여 잔여 습기를 모두 제거할 경우, 드레스룸으로 유입되는 수증기가 대부분 제거 가능하며, 드레스룸의 습도 상승을 방지할 수 있을 것이라 판단된다. 이러한 욕실 수증기 유입 차단 및 제거 방안은 드레스룸의 습기 발생 원인인 수증기원을 제거함으로서 비교적 적은 비용과 에너지 소비를 통해 드레스룸의 결로방지가 가능할 것으로 판단된다.



[그림 3.7] 샤워 후 욕실 문을 열었을 때의 드레스룸 습도 변화



[그림 3.8] 샤워 후 욕실 문을 닫았을 때의 드레스룸 습도 변화

3.4 소결

본 장에서는 드레스룸의 결로발생 환경특성을 분석하기 위하여 결로 발생 위험도가 높은 평면유형을 조사하고, 드레스룸의 습도 상승을 유발하는 거주자 생활패턴에 대하여 고찰하여 측정 대상지 및 스케줄을 선정하였다. 선정된 측정 대상지는 드레스룸이 외기 및 욕실과 접해있는 세대를 대상으로 하였으며, 측정 스케줄은 욕실에서 샤워 및 욕실 문의 개폐 여부에 따라 선정하였다. 드레스룸의 벽체 및 온습도 변화를 측정함으로써 드레스룸의 결로발생 환경특성을 분석하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

- 1) 하자사례집 분석을 통하여 드레스룸이 외기 및 욕실과 접하도록 설계 될 경우, 결로 발생 위험도가 가장 높은 것을 확인 할 수 있었으며, 드레스룸의 벽체가 외기와 접하고 있는 비율이 커질수록 결로발생 위험도가 상승되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 드레스룸에서의 거주자 생활패턴을 고려하였을 때, 욕실 사용 후 드레스룸으로의 수증기 유입이 가장 결로발생 위험도가 높을 것으로 판단되었으며, 따라서 본 평면유형 및 스케줄이 드레스룸의 결로발생 환경특징을 대표할 수 있을 것이라 판단하였다.
- 2) 드레스룸의 결로는 욕실에서 발생한 수증기가 외벽과 접하면서 발생하는 것으로 판단된다. 외벽의 온도저하가 발생할 수밖에 없는 특성을 고려하였을 때, 드레스룸의 결로발생은 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입되는 것이 주요 원인으로 판단되며, 이러한 수증기 유입에 대한 결로방

지 방안이 요구되는 바이다.

- 3) 욕실에서 발생한 수증기가 드레스룸으로 분포되는 이동경로는 욕실-드레스룸-불박이장 내부-불박이장 후면 순으로 확인되었다. 또한, 거주자가 샤워 등 욕실 사용 후, 욕실에서 빠져 나온 후 욕실 문을 바로 닫음으로서 드레스룸으로 유입되는 수증기를 대부분 차단 가능한 것으로 판단되었으며, 욕실 수증기를 차단하는 것은 드레스룸 결로방지에 중요한 요소가 될 것으로 판단된다. 하지만 욕실 수증기를 차단할 경우, 욕실에 잔여 수증기가 존재하기 때문에 드레스룸의 결로방지를 위해서는 욕실 수증기 차단 방안과 욕실 환기 방안이 동시에 이루어져야 할 것으로 판단된다.

제 4 장 드레스룸의 결로방지 방안 제시

본 장에서는 앞서 분석한 드레스룸의 결로발생 환경특징을 토대로 하여 드레스룸의 유형 및 거주자 생활패턴을 고려한 드레스룸의 결로방지 방안 적용 계획을 수립하고, 시뮬레이션을 통하여 각 결로방지 방안을 평가하고자 한다.

또한, 2장의 예비적 고찰을 통하여 현재 적용하고 있는 드레스룸의 결로방지 방안들 파악할 수 있었으나, 모든 방안들에 대하여 세부적인 평가는 한계가 있으므로, 각 결로방지 방안들을 온습도 제어 방안에 따라 분류하고, 대표적 결로방지 방안을 선정하여 평가 대상으로 삼았다.

4.1 드레스룸 결로방지 방안의 선정 프로세스

앞서 3장의 분석 결과, 드레스룸이 외기 및 욕실과 접하도록 설계된 유형의 결로 발생률이 높았으며, 외기 혹은 욕실과 접하지 않는 유형의 드레스룸은 결로 발생이 거의 없는 것으로 확인되었다. 또한, 드레스룸이 외기 및 욕실과 접할 경우, 주요 수증기 발생원은 샤워 등의 욕실에서 발생하는 수증기로, 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입되는 것을 차단하고 잔여 수증기를 제거함으로서 드레스룸의 결로방지가 가능할 것으로 판단된다.

따라서 드레스룸의 결로방지 방안은 [그림 4.3]과 같이 1차적으로 드레스룸의 평면계획을 결로방지에 유리하게 설계하는 방안이 있으며, 드레스룸을 욕실 및 외기와 접하지 않도록 설계하여 결로 발생원인을 제거함으로서 결로방지가 가능할 것이라 판단된다. 이와 반대로, 만약 드레스룸을

욕실 및 외기와 접하도록 설계하여 결로발생 위험이 있을 경우, 본 평면 유형의 드레스룸에 2차적으로 단열 및 설비 계획을 적용함으로써 결로를 방지할 수 있다.

또한, 욕실과 접한 드레스룸은 욕실 수증기 유입이 드레스룸 결로발생의 주요 원인이기 때문에 욕실 수증기 차단 유무에 따라 단열 및 설비계획을 분류할 수 있다. 욕실 수증기의 유입을 차단할 경우, 욕실 문에 [그림 4.1]과 같이 도어 클로저 등을 설치하여 거주자 출입 후 욕실 문이 바로 닫히도록 하고, 적정 욕실 환기량 및 가동 스케줄을 통하여 욕실의 잔여습기를 제거함으로써 드레스룸의 급격한 습도 상승을 방지할 수 있으며, [그림 4.2]와 같이 기밀도가 높은 욕실 문을 사용 할 경우 더욱 효과가 좋을 것으로 예상된다. 이러한 방안은 비교적 적은 비용과 에너지 소비량으로 드레스룸의 결로방지를 실현할 수 있을 것이라 판단된다.

만약 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입되는 것을 허용할 경우, 상승된 드레스룸의 온습도에서 결로방지가 가능한 방안을 적용해야 한다. 드레스룸에 적용 가능할 결로방지 방안으로는 단열재 두께 증가를 통한 열 손실 최소화, 난방 온도 증가나 가열기기 적용 통한 실내 표면온도 상승, 환기팬 혹은 제습기 적용을 통한 습도 저감 등의 방안이 있을 것으로 사료된다. 이러한 방안은 시공 난이도, 비용, 에너지 소비량 측면에서 추가적인 분석이 필요할 것으로 예상되지만 욕실 문 개폐가 자유로워 거주자 선호도가 비교적 높을 것이라 판단되며, 욕실 수증기 유입으로 인하여 상승된 드레스룸 온습도에 대한 산정이 요구된다.

전체적인 드레스룸의 결로방지 방안 선정 프로세스는 [그림 4.4]과 같다.



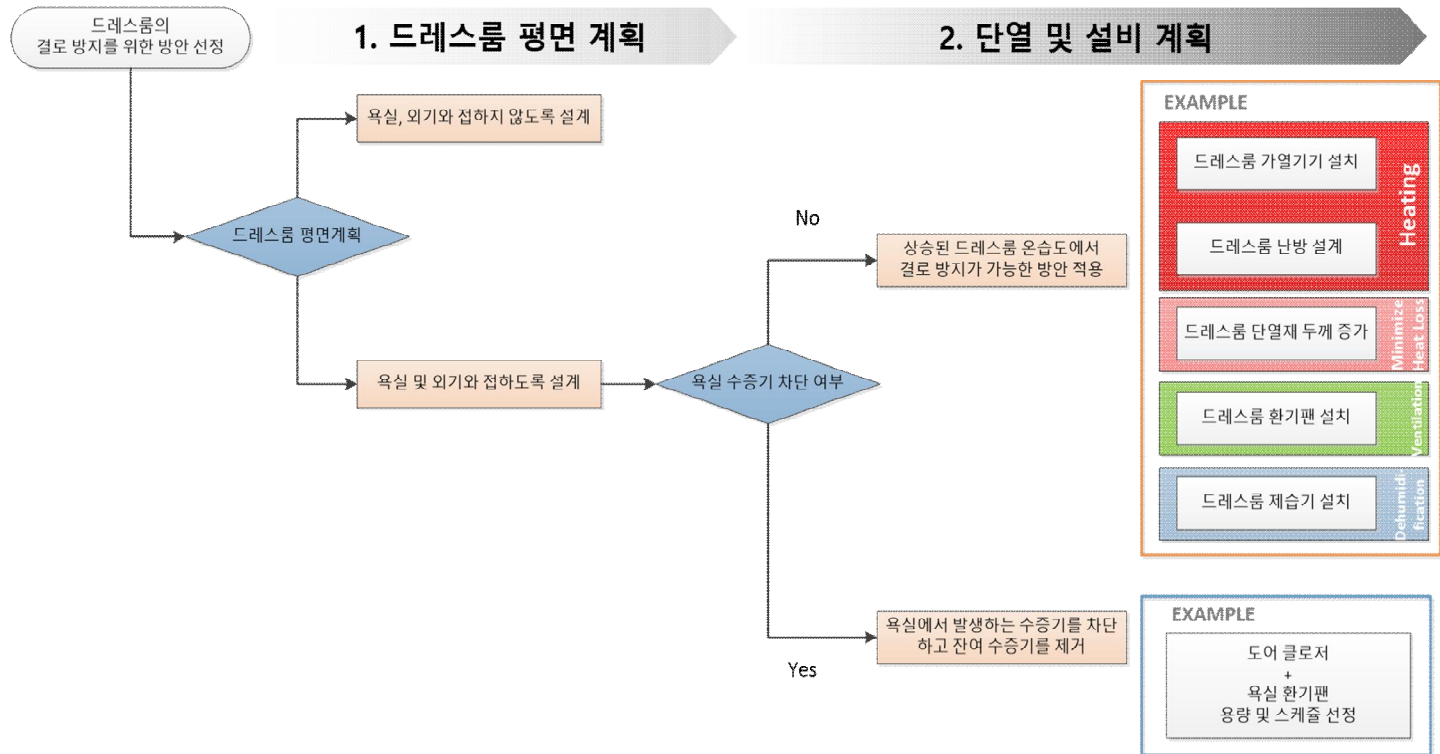
[그림 4.1] 도어 클로저³⁰⁾³¹⁾



[그림 4.2] 기밀한 욕실 문 (일본)

30) <http://cdmanii.com/4788>

31) <http://www.77mart.co.kr>



[그림 4.3] 드레스룸 결로 발생 환경 특성에 따른 결로방지 방안 선정

4.2 시뮬레이션을 통한 드레스룸 결로방지 방안 효과 분석

4.2.1. 시뮬레이션 개요

앞서 드레스룸의 결로방지 방안 선정 프로세스 분석을 통하여, 드레스룸의 결로방지 방안이 요구되는 드레스룸 유형은 외기 및 욕실과 접하는 유형으로, 드레스룸으로의 욕실 수증기 유입 차단 여부에 따라 다른 결로방지 방안 적용이 고려된다.

따라서 본 절에서는 [그림 4.4]와 같이 욕실 및 외기와 접한 드레스룸을 대상으로 결로방지 메커니즘인 가열, 단열, 환기, 제습으로 분류할 수 있으며, 본 논문에서는 <표 4.1>과 같이 시뮬레이션 평가 대상을 선정하였다.



[그림 4.4] 결로방지 방안이 요구되는 드레스룸 유형

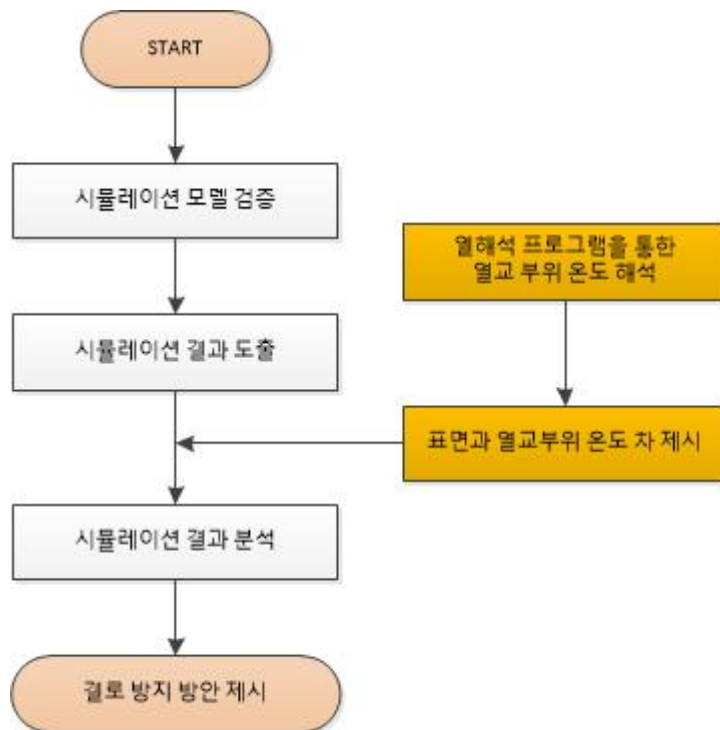
<표 4.1> 시뮬레이션 평가 대상 선정

결로방지 방안		평가 대상		
구분	결로방지 메커니즘	적용 실	적용 방법	변수
A	욕실 수증기 유입 차단 욕실 잔여 습기 제거	욕실	환기	환기량
				스케줄
B	욕실 수증기 유입 허용 상승된 드레스룸 습도에 대하여 결로방지 방안 적용	드레스룸	환기	환기량
				스케줄
			제습	제습량
			가열	바닥 난방 온도
			단열	단열제 두께

1) 시뮬레이션 프로그램 선정 및 평가 방법

본 논문에서는 EnergyPlus의 존과 존 사이의 습기이동 해석이 가능한 AirFlow Network모델 사용함으로써 결로방지 방안들의 결로방지 효과를 분석하였다.

또한, EnergyPlus의 One node 시뮬레이션 한계성을 고려하여, 표면온도와 열교부위의 온도 차이를 유추함으로써 결로방지 방안의 효과 분석 시 열교부위도 함께 고려하여 진행하였다. 전체적인 시뮬레이션 프로세스는 다음과 같다.

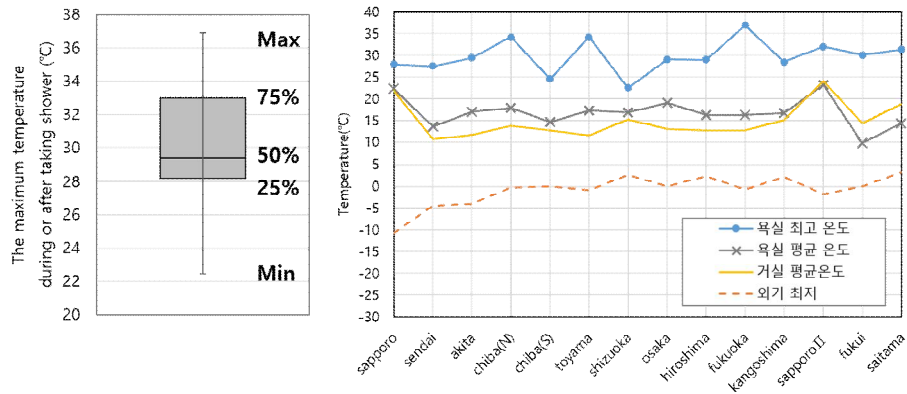


[그림 4.5] EnergyPlus를 통한 드레스룸 결로방지 방안 평가 프로세스

2) 욕실 온습도 및 외기조건 선정

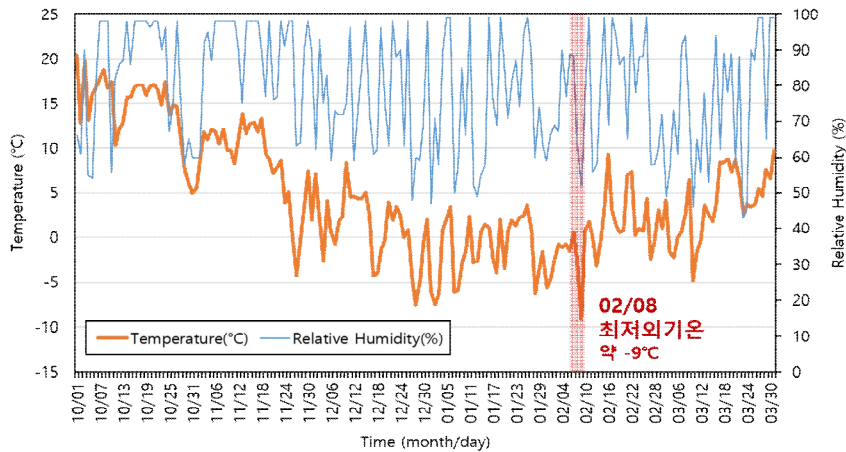
샤워 등의 욕실 수증기 발생은 겨울철 일본의 샤워 및 목욕 후 온습도에 관한 연구³²⁾³³⁾³⁴⁾를 조사하여 33℃, 100%로 선정하였으며, 이는 한국과 일본의 생활 습관 및 기후적 유사성을 고려하여, 국내 기준으로 사용하여도 무방할 것으로 판단된다.

외기 조건은 측정 대상지가 위치 해 있던 인천의 2015년도 최저 외기온도가 나타났던 02월 08일을 선정하였으며, 이때 외기온도는 약 -9℃였다.



[그림 4.6] 욕실 입력 데이터

- 32) Shin-ichi TANABE, Yoshihiro AIZAWA, Hideyuki AMAI, Kentaro WATANABE.(2005).Part 1 Influence of Bathing and ventilation on Thermal Environment.The Society of Heating, Air-Conditioning Sanitary Engineering of Japan. 17(1),381-384
- 33) Ryosuke MATSUMURA, Masami ENAI, Hirofumi HAYAMA, Koki KIKUTA, Taro Mori. (2007). Survey of Environment of Bathrooms at the bathtime. The Society of Heating, Air-Conditioning Sanitary Engineering of Japan. 429-430.
- 34) Tadakatsu OHNAKA,Yuji TAKASAKI, Yutaka TOCHIHARA,Yumiko NAGAI,Hiromitsu ITO,Shiro YOSHITAKE.(2007).A survey on thermal conditions of bathrooms during winter in Japan. J.Human and Living Environment, 14(1), 11-16



[그림 4.7] 외기 입력 데이터

3) 평가대상의 변수 범위 및 스케줄 선정

시뮬레이션 평가 대상의 범위는 <표 4.2>와 같이 선정하였다. 이중 단열재 두께는 앞서 SolidWorks를 통해 분석한 TDR 값을 만족하는 단열재 두께 100mm를 최소 두께로 선정하였으며, 현행하고 있는 에너지 절약 설계기준³⁵⁾을 통해 최고 단열재 두께를 200mm로 선정하였다. 바닥 난방 온도는 Rehva³⁶⁾에서 제시하고 있는 재실자 쾌적범위에 해당되는 바닥 난방 온도를 참고하여 선정하였으며, 욕실 환기와 드레스룸 환기 범위는 ASHRAE³⁷⁾의 기준 및 제품조사³⁸⁾를 통해 선정하였고, 수증기가 계속 발생하는 샤워기간을 기준으로 하여 욕실 환기팬 스케줄을 선정하였다. 제습

35) 건축물의 에너지 절약 설계기준, 국토교통부

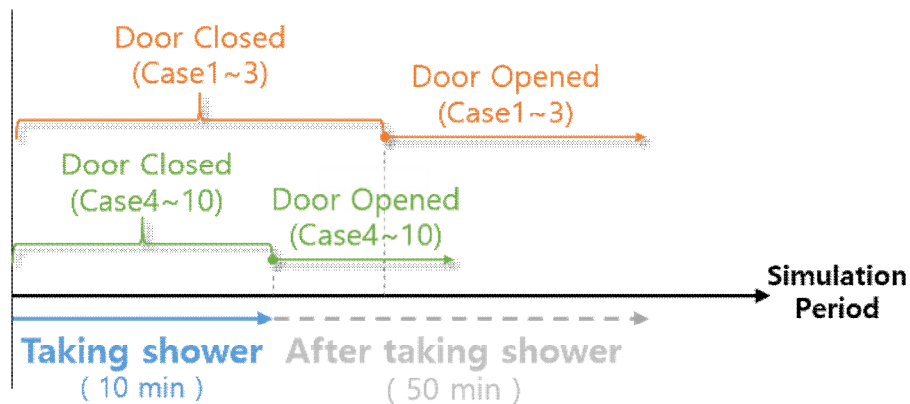
36) Jan Babiak, Bjaren W.Olesen, Dusan Petras, (2007), Rehva Low temperature Heating and High Temperature Cooling Embedded Water Based Surface Heating and Cooling Systems

37) ASHRAE Handbook Fundamentals, (2013), ASHRAE

38) 힘펠 제품 카탈로그. (2016). HIMPEL.

기의 제습량은 한국에너지공단의 제습기 효율등급³⁹⁾을 참고하여 선정하였다.

각 Case 진행 시 욕실 문의 개폐 스케줄은 [그림 4.8]과 같다. 욕실 수증기 차단에 따른 욕실 환기 효과를 확인하기 위하여 욕실 환기 방안 중 Case1~Case3은 샤워 후 욕실 수증기를 차단하고 일정 시간동안 환기팬을 가동하는 것으로 진행하였으며, Case4는 샤워 직후 욕실 수증기를 차단하지 않고 환기팬을 가동하는 것으로 진행하였다. 나머지 결로방지 방안인 Case5~Case10은 시뮬레이션 기간 동안 계속 드레스룸에 적용되는 것으로 진행하였다.



[그림 4.8] 시뮬레이션 평가 대상의 욕실 문 개폐 스케줄

39) 효율등급제도-등급제품 목록, (2016), 한국에너지공단

<표 4.2> 시뮬레이션 평가 대상의 변수 범위 선정

적용실	적용방법	변수						Case	
욕실	환기	가동 스케줄	환기량 (m3/h)						-
		샤워 중 On +샤워 후 Off (팬 가동 시, 욕실 문 Closed)	0	30	60	90	120	150	Case1
		샤워 중 On +샤워 후 5min 동안 On (팬 가동 시, 욕실 문 Closed)	0	30	60	90	120	150	Case2
		샤워 중 On +샤워 후 10min 동안 On (팬 가동 시, 욕실 문 Closed)	0	30	60	90	120	150	Case3
		샤워 중 On +샤워 후 10min 동안 On (샤워 후, 욕실 문 Opened)	0	30	60	90	120	150	Case4
드레스룸	환기	가동 스케줄	환기량 (m3/h)						-
		샤워 중 Off / 샤워 후 5min 동안 On	0	30	60	90	120	150	Case5
		샤워 중 Off / 샤워 후 10min 동안 On	0	30	60	90	120	150	Case6
		샤워 중 Off / 샤워 후 15min 동안 On	0	30	60	90	120	150	Case7
	제습	-	제습량 (L/day)						-
		-	0	1	2	3	4	5	Case8
	가열	-	바닥 난방 온도 (℃)						-
		-	22	24	26	28	30	32	Case9
	단열	-	단열재 두께 (mm)						-
		-	100	120	140	160	180	200	Case10

4.2.2. 시뮬레이션 모델 및 검증

대상 건물의 형상 및 구조체의 데이터를 활용하여 모델링을 하였으며, 겨울철 샤워 후 드레스룸의 온습도 측정 데이터와 시뮬레이션 결과를 비교함으로써 시뮬레이션 모델의 타당성을 검증하였다.

본 논문에서는 Zone 간의 Natural Ventilation과 습기 이동을 모사할 수 있는 EnergyPlus의 AirFlow Network 모델을 사용하였다. EnergyPlus의 수분에 대한 air mass balance 계산식은 4.1과 같다⁴⁰⁾. 본 논문에서는 벽체를 통한 수분 이동은 고려하지 않았으므로, 식 4.1은 식 4.2와 같이 변환이 가능하다.

$$\rho_{air} V_z C_W \frac{dW_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_s} kg_{mass_schedule\ load} + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} A_i h_{mi} \rho_{air_z} (W_{surfs_i} - W_z^t) \quad (\text{식 4.1})$$

$$+ \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i (W_{zi} - W_z^t) + \dot{m}_{inf} (W_{inf} - W_z^t)$$

$$+ \dot{m}_{sys} (W_{sup} - W_z^t)$$

$$\rho_{air} V_z C_W \frac{dW_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_s} kg_{mass_schedule\ load} + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i (W_{zi} - W_z^t) \quad (\text{식 4.2})$$

$$+ \dot{m}_{inf} (W_{inf} - W_z^t) + \dot{m}_{sys} (W_{sup} - W_z^t)$$

여기서,

$$\rho_{air} V_z C_W \frac{dW_z}{dt} = \text{The change in the Zone Humidity Ratio,}$$

40) EnergyPlus. (1996–2015). Engineering Reference

$$\sum_{i=1}^{N_s} k g_{mass_schedule\ load} = \text{Sum of Internal Scheduled Latent Loads,}$$

$$\sum_{i=1}^{N_{surfaces}} A_i h_{mi} \rho_{air_z} (W_{surf_i} - W_z^t) = \text{Convection to the Zone Surfaces,}$$

$$\sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i (W_{zi} - W_z^t) = \text{Multizone Airflows,}$$

$$\dot{m}_{inf} (W_{inf} - W_z^t) = \text{Infiltration,}$$

$$\dot{m}_{sys} (W_{sup} - W_z^t) = \text{System.}$$

Multizone Airflow는 식 4.3과 같이 개구부를 통한 기류이동 계산식으로 나타낼 수 있다. 이중, Discharge Coefficient (Cd)는 이론적인 유량 값과 실제적인 유량 값의 보정 계수로서, 본 논문에서는 Riffat(1989)⁴¹⁾이 제시한 식 4.4를 통하여 Cd 값을 계산하였다. 본 계산식은 두 Zone간의 온도차로 인한 Natural Ventilation 에 대한 식이며, 앞서 측정한 데이터를 통하여 계산된 값은 0.19였다.

$$\dot{m} = C_d \theta \int_{z=0}^{z=H} \rho \nu(z) W dz \quad (\text{식 4.3})$$

$$C_d = 0.00835 [\Delta T / T]^{-0.313} \quad (\text{식 4.4})$$

41) Riffat, S. B.,(1989), A study of heat and mass transfer through a doorway in a traditionally built house, ASHRAE Trans 95.2, 584-589.

여기서,

C_d = Discharge coefficient [dimensionless],

θ = Area reduction factor [dimensionless],

ρ = Density [kg/m³],

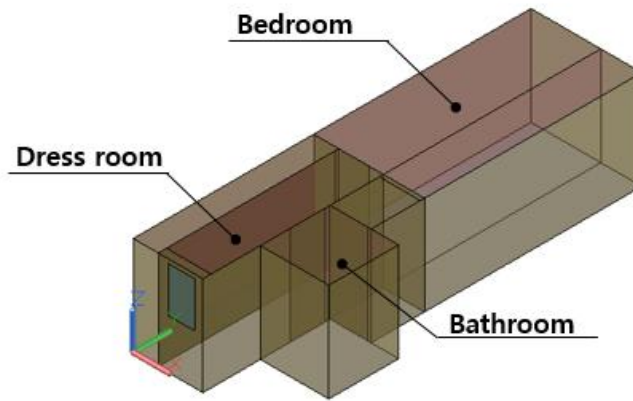
ν = Velocity [m/s],

z = Opening height [m],

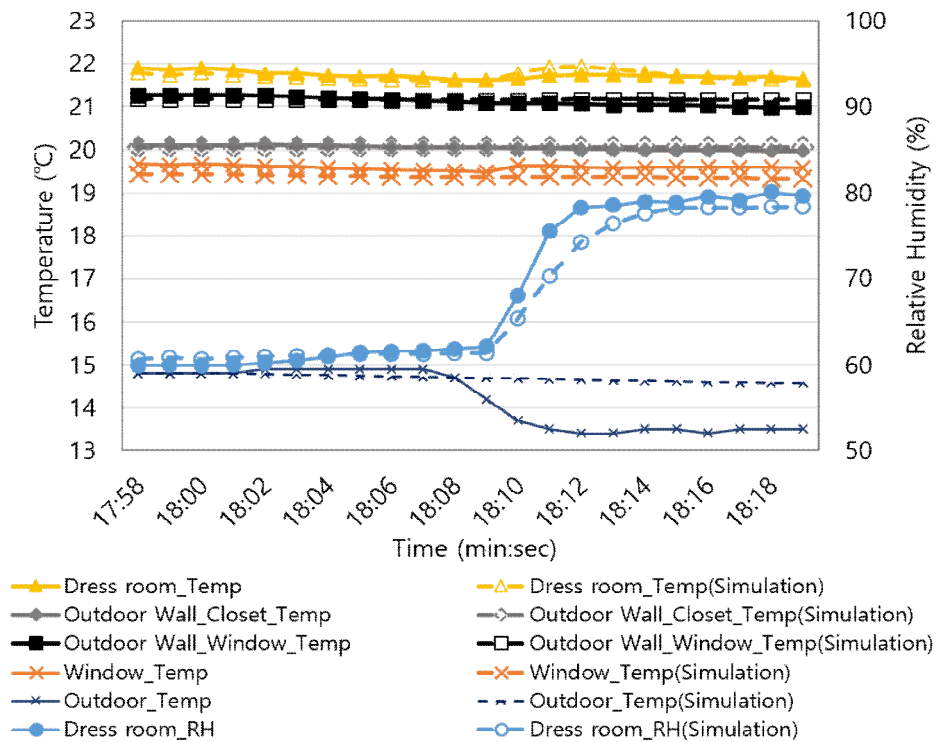
W = Opening width [m].

ΔT = Average temperature difference between the two zones [°C]

T = Mean absolute temperature of the two zones [°C]



[그림 4.9] EnergyPlus 모델링



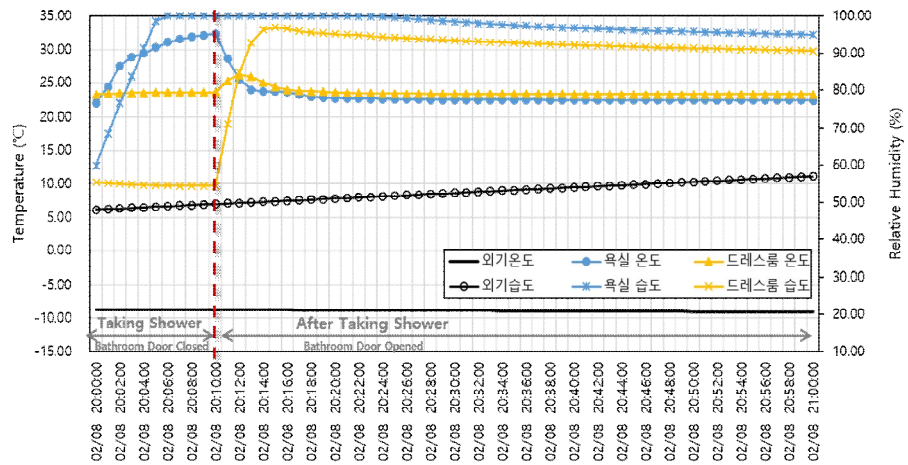
[그림 4.10] 드레스룸 온습도 변화의 측정 및 시뮬레이션 비교

4.2.3. 시뮬레이션 결과 및 분석

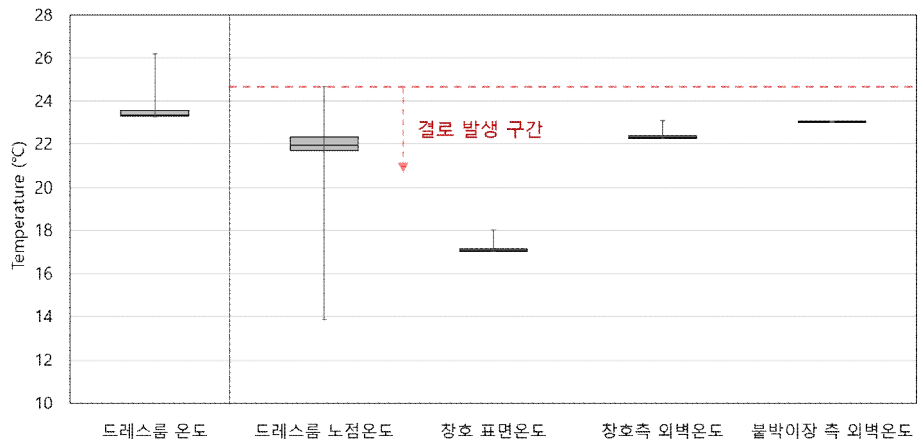
시뮬레이션 결과, 샤워로 인한 욕실 및 드레스룸의 온습도 변화는 [그림 4.9]와 같았으며, 샤워 후 욕실 문을 열 경우, 초기 온습도 23℃, 55%였던 드레스룸 온습도는 최고 26℃, 100%까지 상승되었다. 또한, 온습도 상승과 더불어 드레스룸의 노점온도는 13.4℃에서 24.5℃로 약 11℃가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 드레스룸의 노점온도 변화 범위와 창호, 외벽의 표면온도 변화 범위를 비교한 결과, 본 시뮬레이션 환경은 결로발생 위험도가 매우 높은 환경으로 판단된다.

열교부위에 대한 해석 결과는 시뮬레이션 대상인 외기 -10℃일 때의 열전도율이 0.035 W/m·K 인 가등급 단열재 두께에 따라 해석한 결과로, <표 4.3 >과 같이 열교부위 온도는 14.8~18.4℃ 범위로 나타났으며, 본 열교부위 온도를 TDR값으로 산정 할 경우, 단열재 두께 100mm부터 외기온도 기준 -10℃일 때 준수해야 할 TDR기준 0.28을 만족시키는 것을 확인하였다.

본 열교부위에 대한 온도 해석 결과는 드레스룸의 난방 및 단열 방안에 대한 해석 시, 외벽 표면온도 결과에 적용시켜 각 결로방지 효과 분석을 위해 활용되었다.

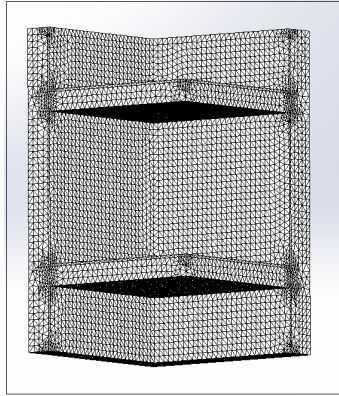


a) 욕실 및 드레스룸 온습도 변화

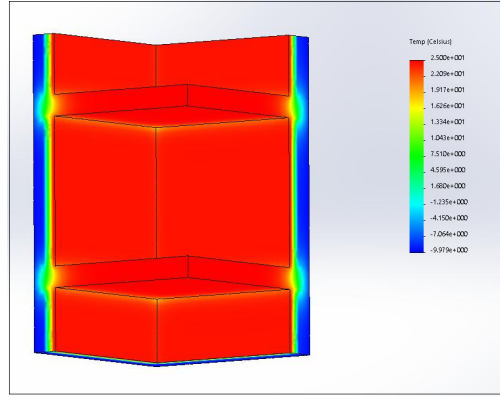


b) 결로발생 유무

[그림 4.11] EnergyPlus 해석 결과



a) 벽체 Mesh 구성



b) 벽체 온도 분포

[그림 4.12] 열교부위 해석 결과

<표 4.3> 시뮬레이션 평가 대상의 열교부위 온도 예측

외기온도 (℃)	단열재 두께 (mm)	표면 온도 (℃)	열교부위 온도 (℃)	표면온도-열교부 위 온도 (℃)	TDR
-10	80	23.54	14.79	8.75	0.292
	100	23.69	15.51	8.18	0.271
	120	23.89	16.2	7.69	0.251
	140	24.15	16.82	7.33	0.234
	160	24.25	17.45	6.8	0.216
	180	24.33	17.94	6.39	0.202
	200	24.39	18.41	5.98	0.188

1) 욕실 환기 방안 (Case1~Case4)

욕실 환기팬 용량과 가동 스케줄에 따른 드레스룸 노점온도 변화 범위를 분석하여 드레스룸의 결로발생 위험도를 예측하였으며, 시뮬레이션 입력 조건은 <표 4.4>와 같다.

<표 4.4> Case1~Case4의 시뮬레이션 입력 조건

초기 조건		외기 조 건	기타 입력 변수		
욕실	33℃, 100%	기상 데이터 [그림 4.7]	욕실 환기팬	가동 스케줄	샤워 중 On +샤워 후 0~10min동안 On
				환기량	0~150 m3/h
드레스룸 환기팬	-				
드레스룸 제습기	-				
드레스 룸	23℃, 55%		드레스룸 바닥 난방 온도	32 ℃	
			드레스룸 단열재	두께	창호 측 : 85 mm, 불박이장 측: 130 mm
				열전도 율	0.035 W/m·K

시뮬레이션 결과, 욕실 환기팬 용량이 증가함에 따라 샤워 후 욕실에서 부터 유입되는 수증기량이 저감되어 드레스룸의 노점온도가 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 본 시뮬레이션에서는 환기팬 용량을 비교적 큰 150m³/h (약 16.8 ACH)로 가동했음에도 불구하고, 샤워 중에만 환기팬을 가동할 경우 욕실 수증기는 완전히 제거하기가 힘든 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 Aizawa. Y et.al. (2006), F.H. SHAIR et.al. (1979)²¹⁾³⁸⁾

21) Aizawa, Y., Tanabe, S., Amai, H., Watanabe, K., & Yokoo, K. (2006). Thermal environment and moisture production in the bathroom. In Healthy Buildings: Creating a Healthy Indoor Environment for People, HB 2006.

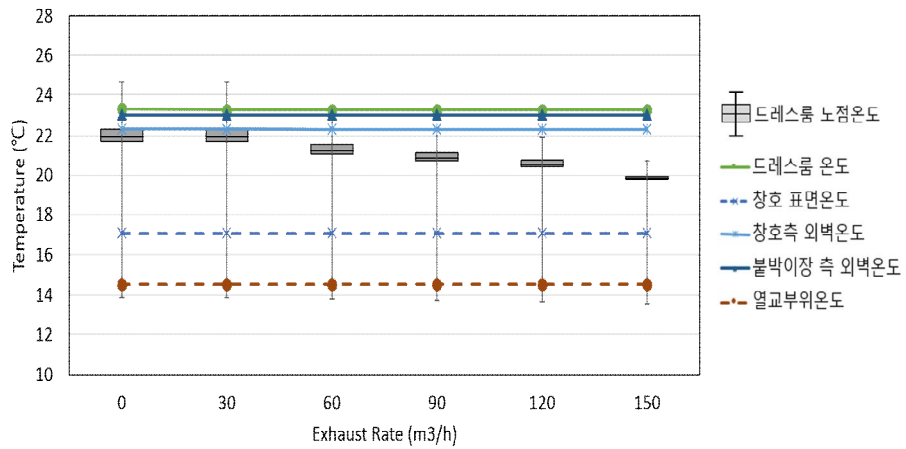
에서 욕실 환기팬은 샤워 중에 가동하는 것만으로 모두 제거하기 힘들다는 결과와 같았다.

만약 욕실 환기팬을 [그림 4.13] b), c)와 같이 샤워 후 일정 시간동안 가동을 할 경우, 작은 환기팬 용량임에도 불구하고, 환기팬 용량을 증가하여 샤워 중에만 가동하는 것보다 드레스룸 습도 저감 효과가 좋은 것으로 확인되었으며, 본 시뮬레이션 결과에서는 샤워 후 10min이상 욕실 문을 닫고 환기팬 가동을 할 경우, 욕실 문을 열고 드레스룸의 습도 증가가 크게 나타나지 않을 것으로 판단되었다.

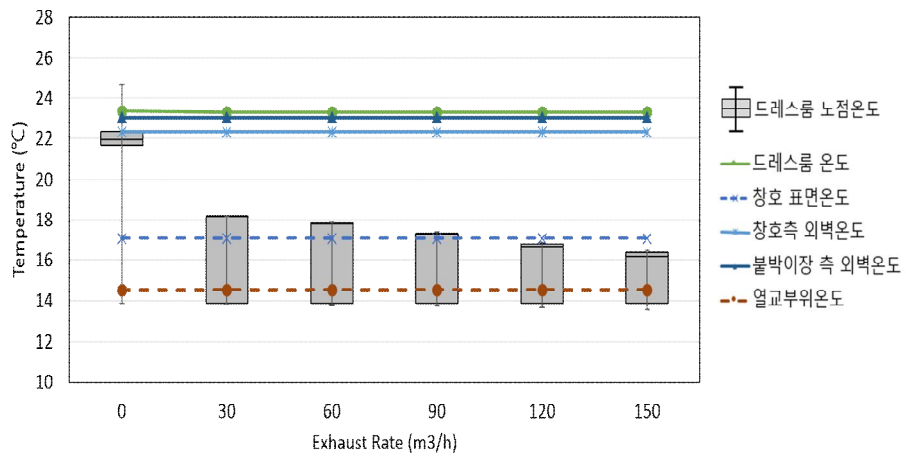
따라서 욕실 환기팬을 통하여 드레스룸의 결로방지를 시도할 경우, 적절한 환기팬 용량의 선정도 중요하나, 더욱 중요한 것은 샤워 후 욕실 문을 닫고 충분한 환기를 통하여 욕실 수증기를 제거하는 것이며, 거주자의 샤워 등 욕실 사용 후 온습도 환경과 욕실 및 드레스룸의 체적 등의 요소를 고려하여 적절한 욕실 환기팬 가동 시간을 선정하는 것이 필요하다.

또한, [그림 4.13]의 c),d)를 통하여 욕실 환기팬을 같은 용량 및 스케줄로 가동했음에도 불구하고, 샤워 후 욕실 문의 개폐여부에 따라 드레스룸 노점온도 변화범위가 크게 달라지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 앞서 실측을 통해 이미 확인한 바와 같이, 샤워 후 욕실 문 개폐 여부는 드레스룸 결로방지에 중요한 요소로 작용되며, 드레스룸 결로방지를 위해 욕실 환기와 샤워 후 욕실 문 개폐여부가 동시에 이루어져야 함을 확인할 수 있다.

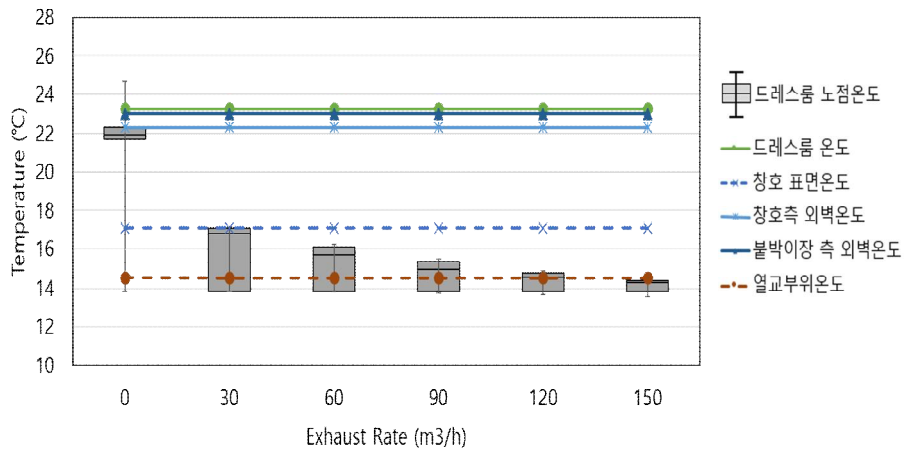
38) F. H. SHAIR, D.W.WOLBTINK, L.O.BOWEN, C.E. NEELLEY, K.E. SAMPSEL. (1979). Influence of Mechanical Ventilation. ASHRAE JOURNAL



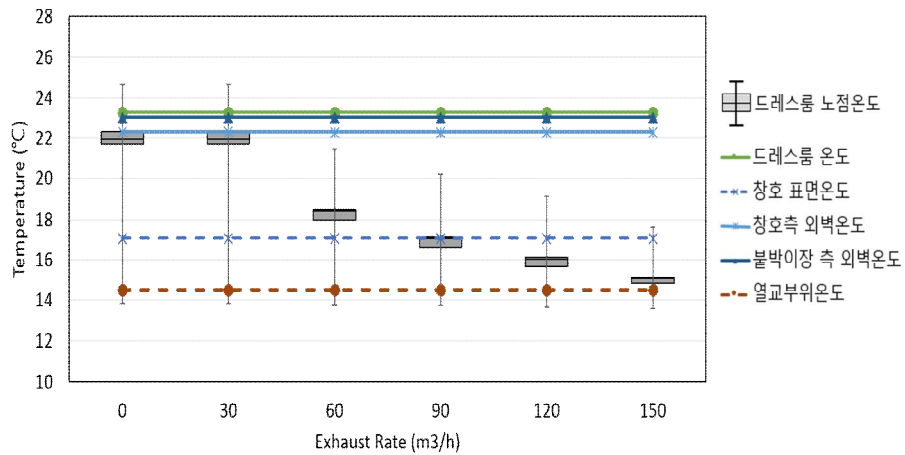
a) 샤워 중 욕실 환기 가동 (Case1)



b) 샤워 후 5min 동안 욕실 문을 닫은 채로 환기 가동 (Case2)



c) 샤워 후 10min 동안 욕실 문을 닫은 채로 환기 가동 (Case3)



d) 샤워 후 10min 동안 욕실 문을 열어두고 환기 가동 (Case4)

[그림 4.13] 욕실 환기 및 욕실 문 개폐 여부에 따른 드레스룸 노점온도 변화

2) 드레스룸 환기 방안 (Case5~Case7)

샤워 후 드레스룸의 환기팬 용량 및 스케줄에 따른 드레스룸 노점온도 변화 범위를 도출함으로서 본 결로방지 방안의 효과를 분석하였으며, 시뮬레이션 입력조건은 <표 4.5>와 같다.

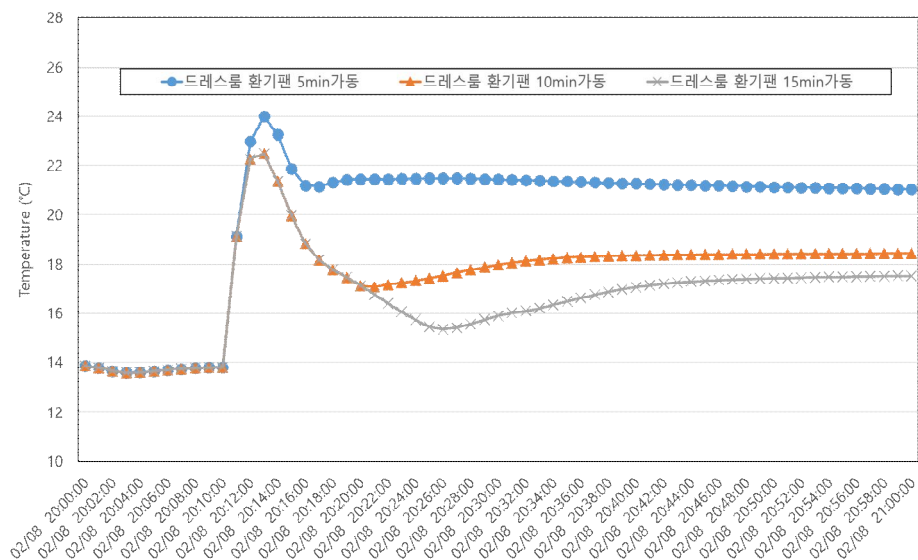
<표 4.5> Case5~Case7의 시뮬레이션 입력 조건

초기조건		외기조건	기타 입력 변수		
욕실	33℃, 100%	기상 데이터 [그림 4.7]	욕실 환기팬	-	
			드레스룸 환기팬	가동 스케줄	샤워 중 Off/ 샤워 후 0~15min동안 On
				환기량	0~150 m3/h
드레스룸	23℃, 55%		드레스룸 제습기	-	
			드레스룸 바닥 난방 온도	32 ℃	
			드레스룸 단열재	두께	창호 측 : 85 mm, 불박이장 측: 130 mm
				열전도 율	0.035 W/m·K

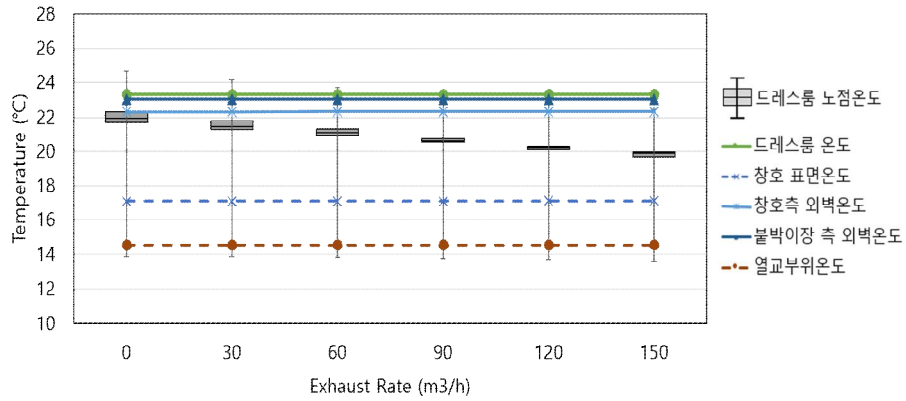
드레스룸의 환기팬 용량 및 가동 시간이 증가할수록 드레스룸의 노점온도가 전체적으로 저하하는 것을 확인할 수 있었으나, 샤워 직후 욕실 문을 열었을 때는 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입됨과 동시에 드레스룸 환기가 진행되고 있으므로 드레스룸의 순간적인 습도 상승은 방지하기 어려울 것으로 확인되었다.

또한, 드레스룸 환기팬 용량이 150m³/h일 때, 시간에 따른 드레스룸 공간 노점온도 변화[그림 4.14]를 살펴보면, 비교적 큰 환기팬 용량임에도 불구하고 드레스룸으로 유입되는 수증기를 모두 제거하기는 어려울 것으로 판단되며, 이를 모두 제거하기 위해서는 환기팬 용량을 더욱 증가하거나

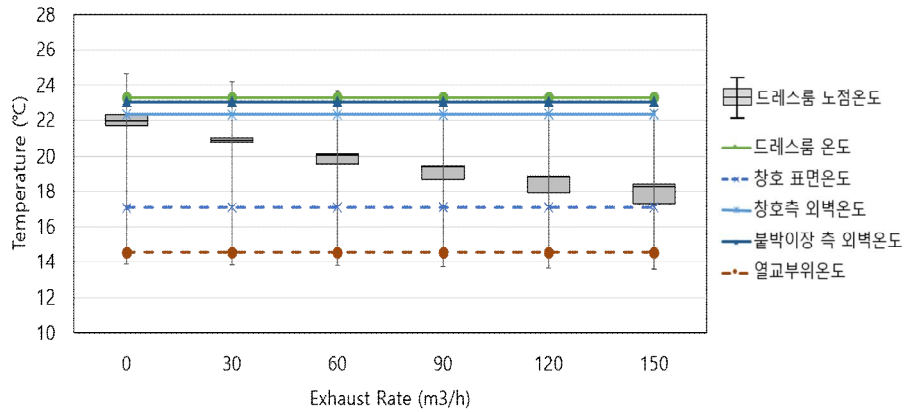
가동시간을 증가하여 충분한 환기가 이루어져야 한다. 하지만 앞서 욕실 환기 방안과 비교를 하였을 때, 환기팬 용량과 가동시간이 같음에도 불구하고 습도저하 효과가 낮은 것을 확인할 수 있었으며, 드레스룸 결로방지를 위해서는 드레스룸 환기 방안보다는 욕실 환기 방안이 더욱 유리할 것으로 판단된다.



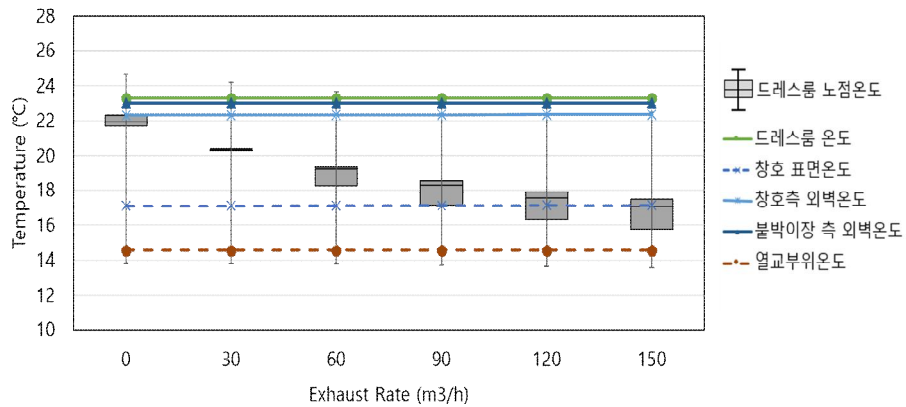
[그림 4.14] 드레스룸 환기팬(150m³/h) 가동시간에 따른 드레스룸 노점온도 변화



a) 샤워 후 5min동안 드레스룸 환기 가동 (Case5)



b) 샤워 후 10min동안 드레스룸 환기 가동 (Case6)



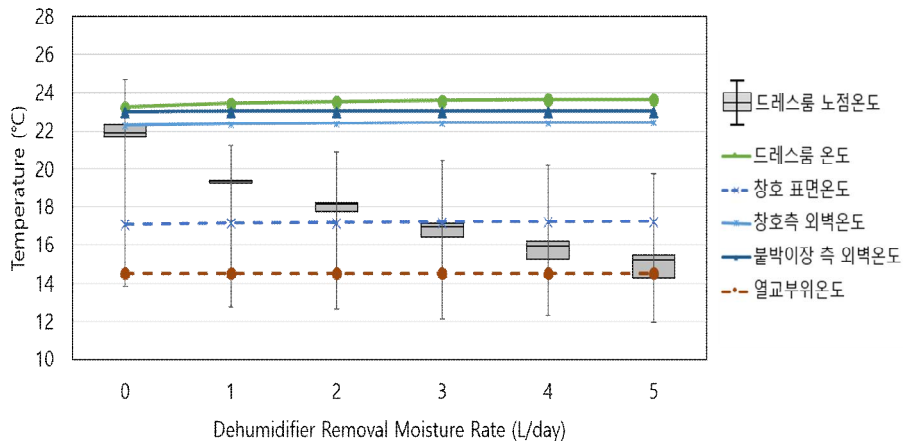
c) 샤워 후 15min동안 드레스룸 환기 가동 (Case7)

[그림 4.15] 드레스룸 환기에 따른 드레스룸 노점온도 변화

3) 드레스룸 제습 방안 (Case8)

드레스룸 제습 방안은 샤워 후 50min동안 드레스룸에 제습기를 가동하는 것으로 모사하였으며, 시뮬레이션 입력 조건은 <표 4.6>와 같다.

[그림 4.16]과 같이 제습을 통하여 드레스룸의 전체적인 노점온도 저하 및 습도 저감가 가능하나, 욕실 수증기 유입량이 제습량보다 큰 구간이 존재하기 때문에 드레스룸의 노점온도가 급격히 증가하는 구간이 발생하게 된다. 본 시뮬레이션에서는 가정용 제습기 용량인 5L/day의 제습용량을 적용할 경우, 순간적인 드레스룸 결로발생은 방지하기 어려운 것으로 나타났다. 벽지, 가구, 의류 등의 흡방습 효과와 결로수가 빠른 증발 시간을 고려하였을 때, 드레스룸의 제습기 적용만으로 드레스룸의 결로방지가 가능할 것으로 판단된다.



[그림 4.16] 제습 용량에 따른 노점온도 변화 (Case8)

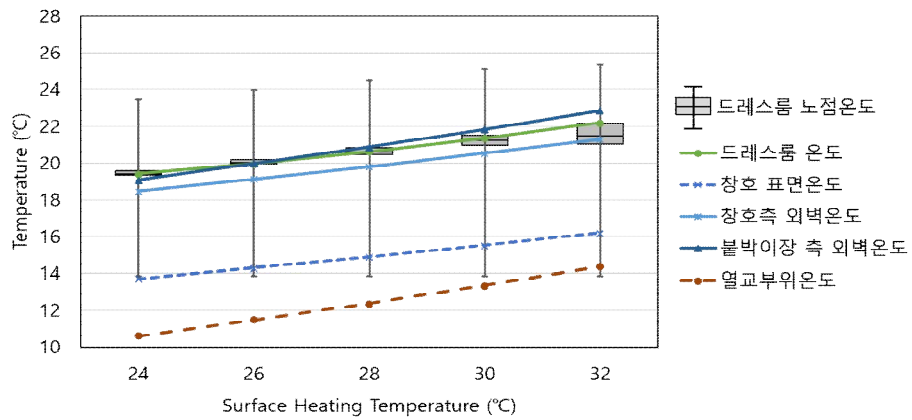
<표 4.6> Case8의 시뮬레이션 입력 조건

초기조건		외기조건	기타 입력 변수		
욕실	33℃, 100%	기상 데이터 [그림 4.7]	욕실 환기팬	-	
			드레스룸 환기팬	-	
드레스 룸	23℃, 55%		드레스룸 제습기	0~5 L/day	
			드레스룸 바닥 난방 온도	32 ℃	
			드레스룸 단열재	두께	창호 측 : 85 mm, 불박이장 측: 130 mm
				열전도율	0.035 W/m·K

4) 드레스룸 바닥 난방 온도 증가 방안 (Case9)

Revha의 바닥 난방온도 쾌적 범위에서 드레스룸의 바닥 난방 온도를 증가하여 드레스룸의 결로발생 위험도를 분석하였으며, 시뮬레이션 입력조건은 <표 4.7>과 같다.

시뮬레이션 결과, 본 시뮬레이션 조건에서는 [그림 4.17]과 같이 난방온도가 거주자 쾌적범위를 벗어날 경우 드레스룸의 결로방지 효과가 있을 것으로 나타났으며, 만약 난방을 통해 드레스룸의 결로방지를 할 경우, 과도한 난방설계가 요구될 뿐만 과다 에너지 소비를 포함한 거주자의 불쾌감 또한 초래할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 결로방지 방안은 욕실 사용 후 드레스룸으로 유입되는 순간적인 수증기를 제거할 수 없어 욕실 환기방안에 비하여 결로방지 효과가 적을 것으로 판단된다.



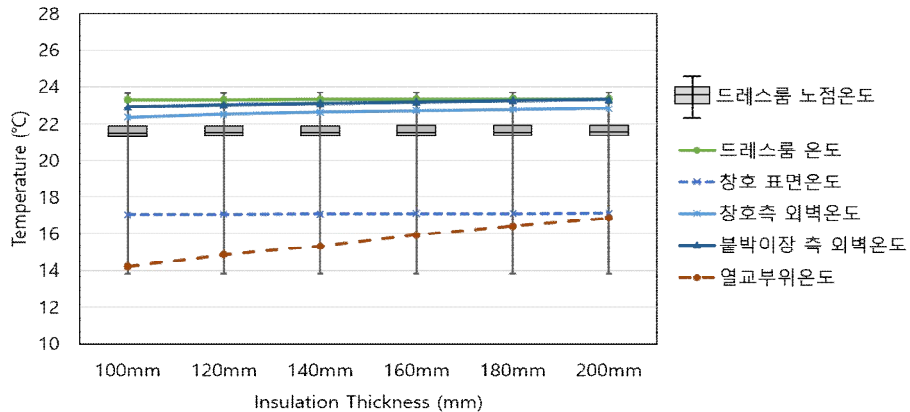
[그림 4.17] 바닥 난방 온도 증가에 따른 온도변화 (Case9)

<표 4.7> Case9의 시뮬레이션 입력 조건

초기조건		외기조건	기타 입력 변수		
욕실	33℃, 100%	기상 데이터 [그림 4.7]	욕실 환기팬	-	
			드레스룸 환기팬	-	
드레스룸	23℃, 55%		드레스룸 제습기	-	
			드레스룸 바닥 난방 온도	24~32 ℃	
			드레스룸 단열재	두께	창호 측 : 85 mm, 불박이장 측: 130 mm
				열전도율	0.035 W/m·K

5) 드레스룸 단열재 두께 증가 방안 (Case10)

단열재 두께 증가 시, [그림 4.18]과 같이 전체적인 벽체 표면온도 및 열교부위 온도가 상승하는 것을 확인할 수 있었으나, 본 시뮬레이션에서는 과도한 수증기 유입으로 인한 습도 상승 및 노점온도 상승으로 인해 단열재 두께 증가만으로는 결로방지에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 만약 단열재 증가 방안을 통하여 드레스룸의 결로방지를 할 경우, 본 단열재 두께 범위보다 두꺼운 단열재가 요구되며, 비용 증가 및 드레스룸 면적 감소의 단점이 존재한다.



[그림 4.18] 단열재 두께 증가에 따른 온도변화 (Case10)

<표 4.8> Case10의 시뮬레이션 입력 조건

초기 조건		외기 조건	기타 입력 변수		
욕실	33℃, 100 %	기상 데이터 [그림 4.7]	욕실 환기팬	-	
			드레스룸 환기팬	-	
드레스 룸	23℃, 55%		드레스룸 제습기	-	
			드레스룸 바닥 난방 온도	32℃	
			드레스룸 단열재	두께	100~200 mm
				열전도율	0.035 W/m·K

4.3 소결

본 장에서는 드레스룸 결로방지 방안을 선정하기 위한 프로세스에 대해 고찰하고, 결로방지 방안들의 제어 메커니즘에 따라 대표적인 결로방지 방안을 선정하여 그 효과를 분석하였다. 각 결로방지 방안의 효과 분석은 시뮬레이션 프로그램을 통해 이루어 졌으며, 문헌조사를 통해 조사한 샤워 후 욕실 온습도 조건과 실제 기상 데이터를 활용하여 욕실 및 드레스룸의 대표적 환경조건을 모사하고 이에 대한 결로방지 방안에 대한 효과 분석을 진행하였다.

- 1) 드레스룸의 결로방지 방안은 1차적으로 드레스룸의 평면계획을 욕실 및 외기와 접하지 않게 하는 방안과 2차적으로 드레스룸이 욕실 및 외기와 접하는 경우 단열 및 설비 계획을 통해 결로방지를 하는 방안으로 분류할 수 있다. 특히 단열 및 설비 계획 시, 욕실 수증기 유입의 차단 및 허용 여부에 따라 드레스룸의 결로방지 방안을 선정할 수 있으며, 수증기 유입을 차단하는 경우, 욕실에서 발생하는 수증기 차단과 잔여 수증기 제거가 충분히 이루어 져야 한다. 만약 욕실 수증기 유입을 차단하지 않을 경우, 상승된 드레스룸 온습도에서 적절한 결로방지 방안이 요구되며, 이를 위한 결로방지 방안은 크게 드레스룸 환기, 제습, 가열, 단열의 메커니즘에 따라 분류 가능하다. 본 논문에서는 드레스룸 환기팬, 제습기, 난방 온도 증가, 단열재 두께 증가에 따른 결로방지 효과를 분석하였다.

2) 결로방지 방안 평가 시, 사용한 시뮬레이션 프로그램은 EenergyPlus 및 SolidWorks였으며, 온열환경 및 Zone과 Zone간의 습기이동 해석이 가능한 EnergyPlus를 통하여 전체적인 결로방지 방안에 대한 평가를 진행하되, 열교부위 온도에 대한 평가를 위해 SolidWorks를 사용하여 단열재 두께에 따라 표면온도와 열교부위 온도차를 제시하여 종합적인 결로방지 효과를 분석하였다. 분석 결과, 욕실 문을 닫고 욕실 환기를 하는 것이 가장 효과적임을 확인할 수 있었으며, 드레스룸 환기, 제습, 난방, 단열을 통한 결로방지는 드레스룸의 순간적인 습도 상승을 해결하기 어려운 것으로 사료된다. 또한, 난방 방안은 과도한 설계가 요구되며, 단열 방안은 드레스룸 면적 감소의 우려가 있기 때문에 드레스룸 결로방지에 적절하지 않은 방안으로 사료된다.

3) 욕실과 연결되어 있는 드레스룸을 대상으로 결로방지를 위해 욕실 문을 닫고 욕실 환기팬을 가동 할 경우, 샤워 중에만 환기팬을 가동하는 것은 완전한 수증기 제거가 어려울 것으로 판단되었다. 또한, 욕실 수증기 제거는 환기팬 용량을 증가하는 것 보다는 적절한 환기팬 가동 스케줄을 선정하는 것이 더욱 효과가 좋은 것으로 나타났으며, 욕실 사용 후 욕실 문을 닫은 상태로 일정시간 환기를 하는 것이 드레스룸 결로방지에 더욱 유리할 것으로 판단된다.

제 5 장 결론

본 논문은 공동주택 기밀화와 발코니 확장 합법화로 인해 다시 한 번 화두 되고 있는 결로에 대한 연구로서, 지금까지는 잘 다루지 않았던 드레스룸의 결로방지를 위해 수행되었다. 국내 드레스룸의 경우, 결로가 발생할 경우, 벽지, 마루, 가구의 손상뿐만 아니라 의류, 침구의 손상이 발생하므로 거주자들이 특히 민감하게 여기는 공간이다.

국내에서는 드레스룸이 욕실과 인접하게 설계되는 경우가 많아 습도상승의 위험이 크다. 하지만 현재 드레스룸에 법적으로 적용되고 있는 결로방지 설계기준은 단열설계기준으로, 국외의 기준과 비교 시 상당히 높은 기준으로 판단되나, 습도 상승이 크게 발생하는 공간인 드레스룸에 적합하지 않다. 건설사 및 거주자들이 자체적으로 환기 등의 방안을 추가적으로 적용시켜 결로방지를 시도하고 있으나 아직까지 이러한 결로방지 방안들에 대해서 전체적인 평가가 이루어지지 않은 현황이다. 따라서 본 논문에서는 드레스룸의 결로발생 환경 특성을 분석하고, 적절한 결로방지 방안을 제시하고자 하였다.

이를 위해 가장 먼저 드레스룸의 결로발생 및 방지에 대한 현황을 고찰하고, 지금까지 진행되었던 드레스룸 결로방지에 대한 기존연구를 고찰함으로써 본 연구의 필요성과 추가적으로 진행되어야 할 연구내용을 확인하였다. 다음으로 드레스룸의 결로발생 환경특성을 확인하기 위해 하자사례집을 통하여 결로발생 위험도가 높은 평면유형의 드레스룸을 측정 대상으로 하여, 샤워 후 드레스룸의 온습도 변화를 분석함으로써 드레스룸의 결로발생 환경특성을 확인하였다.

또한 측정 결과를 통하여 드레스룸의 결로방지 방안 선정 프로세스를 제시하고, 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 각 결로방지 방안의 효과를 비교 및 분석함으로써 드레스룸의 결로방지 방안을 제시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 결로 하자사례집과 드레스룸의 습도 상승의 원인이 될 수 있는 거주자 활동을 분석함으로써 드레스룸이 외기와 접해있지 않을 경우, 드레스룸이 욕실과 접해있어도 결로발생은 거의 나타나지 않는 것으로 확인되었다. 이와 반대로 드레스룸이 외기 및 욕실과 접해있을 경우 결로발생 위험도가 큰 것을 알 수 있었으며, 샤워 후 욕실 문이 열려 수증기가 유입됨으로써 드레스룸의 결로가 발생하는 것으로 확인되었다. 이러한 드레스룸 환경을 모사하여 측정한 결과, 드레스룸의 공간 및 벽체의 표면온도는 외기 온도의 변화 추세에 따라 미미하게 변화되는 것으로 확인되었으나, 샤워 등 욕실 사용으로 인하여 드레스룸 습도가 급격하게 상승함으로써 결로가 발생하는 것으로 확인되었으며, 만약 샤워 후 욕실문을 닫아 둘 경우, 드레스룸의 결로발생 위험도가 크게 저하되는 것을 확인하였다. 따라서 드레스룸의 결로발생은 표면온도 저하보다는 습도 상승이 주요 원인임을 알 수 있다.

2) 드레스룸의 결로방지 방안은 1차적으로 드레스룸의 평면계획을 욕실 및 외기와 접하지 않게 하는 방안과 2차적으로 드레스룸이 욕실 및 외기와 접하는 경우 단열 및 설비 계획을 통해 결로방지를 하는 방안으로 분류할 수 있었다. 특히 단열 및 설비 계획 시, 욕실 수증기 유입의 차단 및 허용

여부에 따라 드레스룸의 결로방지 방안을 선정할 수 있으며, 수증기 유입을 차단하는 경우, 욕실에서 발생하는 수증기 차단 및 잔여 수증기 제거가 충분히 이루어 져야 한다. 만약 욕실 수증기 유입을 차단하지 않을 경우, 상승된 드레스룸 온습도에서 적절한 결로방지 방안이 요구된다.

3) 2차적인 결로방지 방안들은 EnergyPlus 및 SolidWorks를 통해 효과를 분석하였다. 욕실 환기, 드레스룸 환기, 드레스룸 제습, 드레스룸 난방 온도 증가, 드레스룸 단열재 두께 증가 방안들을 분석하였으며, 분석 결과, 욕실 수증기 차단과 욕실 환기팬 가동만으로도 드레스룸의 결로방지가 충분히 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 욕실 환기팬 가동 시, 환기팬 용량을 증가하는 것 보다는 욕실 사용 후 환기팬의 가동시간 선정이 중요한 것을 알 수 있었다.

하지만 만약 거주자의 공간 동선 및 편의성을 고려하여 욕실 수증기가 드레스룸으로 유입이 가능하도록 할 경우, 비록 완전한 결로방지는 어려울 것으로 판단되나, 드레스룸 환기 방안 및 제습 방안으로 충분히 결로저감 효과를 얻을 수 있는 것으로 확인되었다. 반면, 드레스룸의 난방온도를 증가하거나 단열재 두께를 증가함으로써 결로방지를 할 경우, 거주자의 쾌적 범위를 벗어나거나, 단열재 두께 증가로 인한 드레스룸 면적 축소 등 과도한 설계가 요구되며, 난방온도 증가 및 단열재 두께 증가를 통한 드레스룸 결로방지는 적절치 못하다는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 연구를 통해 드레스룸의 결로방지는 드레스룸을 외기와 접하지 않도록 설계할 경우, 결로방지가 가능하며, 만약 드레스룸이 욕실 및 외기

와 접해있을 경우, 가장 효과적인 결로방지 방안은 샤워 후 욕실 문이 바로 닫히도록 하고 일정시간동안 욕실 환기팬이 가동되게 하는 방안임을 알 수 있다. 이러한 방안은 비교적 비용 및 에너지 소비 측면에서 효율적으로 결로방지가 가능할 것으로 판단된다. 만약 욕실 문을 바로 닫히지 않게 한다면 드레스룸에 환기 및 제습을 적용하는 방안이 드레스룸 결로방지에 효과적인 것을 알 수 있으며, 이러한 방안은 욕실의 활용도가 높아져 거주자 만족도가 비교적 높을 것으로 예상된다.

본 연구의 결로방지 효과 분석은 주로 ErnergyPlus를 통해 분석한 결과로서, 열교부위나 환기팬 위치 등의 국부적인 해석에 한계가 존재하며, 추가적으로 욕실 및 드레스룸의 형상, 국부적 단열재 적용, 욕실 및 드레스룸 환기팬 위치 등에 따른 드레스룸 결로방지 효과 분석이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 이화여자대학교. (2016). (3세부과제) 90%이상 생활환경 조건 대응 결로방지 기술개발 및 연구단 개발기술 통합 보급시스템 구축. pp33-43.
- 2) 오혜경, & 홍이경. (2011). 브랜드 아파트의 단위평면 각 실의 경향분석. 한국실내디자인학회 논문집, 20(1), pp128-137.
- 3) 김재현. (2011). 아파트의 드레스룸 수납면적에 관한 연구. 석사학위논문. 한양대학교 공학대학원
- 4) 공동주택 결로 방지를 위한 설계기준, 국토교통부
- 5) 한국시설안전공단. (2016). 공동주택 결로 하자 유형분석 및 DB화. 공동주택 결로방지 성능향상 기술과 KR-제로에너지단지 평가방법 워크샵
- 6) <http://www.prugio.com/HOME/2016/yeongjongsky/main/index.asp?ipc=Y>
- 7) <http://www.houzz.com/photos/1230231/Walk-in-Closet-Bathroom-cabinets-wardrobes-closet-built-in-naples-closet-modern-bathroom-miami>
- 8) <http://ximula.com.au/products-storage-shelf-systems/x1-wardrobe-system-sydney/>
- 9) 윤경원, "소형 공동주택의 온습도 조사를 통한 결로방지 설계기준 제안 연구", 2016., 성균관대학교 일반대학원
- 10) 정찬울, 김억탁, 송두삼 (2013), 국내 공동주택 결로 저감 기준의 분석, 대한건축학회 학술발표 논문집 제 33권 제2호
- 11) 한국설비기술협회(KARSE). (2015). 정풍량 욕실 환기팬

- 12) 국토교통부.(2016).http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95078271
- 13) 한국토지주택공사. (2015). 드레스룸, 불박이장 결로하자 관련 설명자료
- 14) 포스코건설, LH, 삼성물산, 대림산업, 현대건설. (2015). 결로기준 세미나 발표자료
- 15) 경기도 공동주택과. (2016). 2016 경기도 공동주택품질검수 매뉴얼
- 16) http://www.momoz.kr/bbs/board.php?bo_table=b_a&wr_id=109
- 17) 김예진, 이준혜, 이창래, 여명석, 김광우. (2016.04). 실측을 통한 욕실 사용 후 드레스룸 및 불박이장 온습도 환경 분석. 대한건축학회 학술발표대회 논문집,253-254.
- 18) 김종엽, 황하진, 김길태, 류창수, 김경식, (2014), 공동주택 결로 종합대책 방안 연구, 토지주택 연구원
- 19) Susumu Masuda. (2009). The anatomical chart of homes, pp76-79
- 20) 山口浩司, 小出陽子, 大野秀夫, 久野覺, & 奥宮正哉. (1995). 冬期の脱衣室における温熱環境の實態. 人間-生活環境系シンポジウム報告集, 19, 116-119.
- 21) Aizawa, Y., Tanabe, S., Amai, H., Watanabe, K., & Yokoo, K. (2006). Thermal environment and moisture production in the bathroom. In Healthy Buildings: Creating a Healthy Indoor Environment for People, HB 2006.
- 22) Aizawa, Y., Tanabe, S. I., Yokoo, K., Watanabe, K., & Amai, H. (2007). Amount of moisture production and field measurement in dressing room. In 6th International Conference on Indoor Air Quality,

Ventilation and Energy Conservation in Buildings: Sustainable Built Environment, IAQVEC 2007.

- 23) 이현화, 오혜린, 임재한, 송승영. (2016.7). 공동주택의 불박이장 설치 공간에서 결로 발생 현상 진단을 위한 동계 실내 온열 환경 평가. 대한 건축학회 논문집 - 계획계, 32(7), 131-140
- 24) Angell, W. J., & Olson, W. (1988). Moisture sources associated with potential damage in cold climate housing. Cold Climate Housing Information Center, University of Minnesota.
- 25) Yik, F. W. H., Sat, P. S. K., & Niu, J. L. (2004). Moisture generation through Chinese household activities. Indoor and built environment, 13(2), 115-131.
- 26) TenWolde, A., & Pilon, C. L. (2007). The effect of indoor humidity on water vapor release in homes. Proceedings of Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X.
- 27) 李光明, "共同住宅 浴室의 機械 換氣시스템 設計에 관한 研究", (2005), 大邱大學校 大學院
- 28) Blokker, E. J. M., & Vreeburg, J. H. G. (2005, May). Monte Carlo simulation of residential water demand: A stochastic end-use model. In World Water Congress, Reston, VA, USA, American Society of Civil Engineers.
- 29) 황하진, 김길태, 유정현, 황인태. (2015.8). 공동주택 세대 내 결로방지 설계기준 개선방안. 한국건축친환경설비학회 논문집, 9(4), 319-324.
- 30) <http://cdmanii.com/4788>

- 31) <http://www.77mart.co.kr>
- 32) Shin-ichi TANABE, Yoshihiro AIZAWA, Hideyuki AMAI, Kentaro WATANABE.(2005).Part 1 Influence of Bathing and ventilation on Thermal Environment.The Society of Heating, Air-Conditioning Sanitary Engineering of Japan. 17(1),381-384
- 33) Ryosuke MATSUMURA, Masami ENAI, Hirofumi HAYAMA, Koki KIKUTA, Taro Mori. (2007). Survey of Environment of Bathrooms at the bathtime. The Society of Heating, Air-Conditioning Sanitary Engineering of Japan. 429-430
- 34) Tadakatsu OHNAKA,Yuji TAKASAKI, Yutaka TOCHIHARA,Yumiko NAGAI,Hiromitsu ITO,Shiro YOSHITAKE.(2007).A survey on thermal conditions of bathrooms during winter in Japan. J.Human and Living Environment, 14(1), 11-16
- 35) 건축물의 에너지 절약 설계기준, 국토교통부
- 36) Jan Babiak, Bjaren W.Olesen, Dusan Petras, (2007), Rehva Low temperature Heating and High Temperature Cooling Embedded Water Based Surface Heating and Cooling Systems
- 37) ASHRAE Handbook Fundamentals, (2013), ASHRAE
- 38) 힘펠 제품 카탈로그. (2016). HIMPEL.
- 39) 효율등급제도-등급제품 목록, (2016), 한국에너지공단
- 40) EnergyPlus. (1996-2015). Engineering Reference
- 41) Riffat, S. B.,(1989), A study of heat and mass transfer through a

- doorway in a traditionally built house, ASHRAE Trans 95.2, 584-589.
- 42) F. H. SHAIR, D.W.WOLBTINK, L.O.BOWEN, C.E. NEELLEY, K.E. SAMPSEL. (1979). Influence of Mechanical Ventilation. ASHRAE JOURNAL

ABSTRACT

An Evaluation Study of Condensation Preventing Methods for dress room in Apartment

By Kim, Ye Jin

Department of Architecture and Architectural Engineering
Masters Course in the Graduate School of
Seoul National University

Advised by Professor Yeo, Myoung Souk

2017. 2.

As apartment become more airtight and balcony expansions became legalized, the condensation risk in apartment increased significantly. It has been reported that condensation in apartment mainly occurs in balconies, bedrooms, entrances, and dress rooms. The dress room has been designed a lot since the late 90s, and now it can be found easily in the small to medium sized apartment. The dress room is a space where residents are sensitive to condensation occurs because clothing is easy to damaged due to condensation liquid water and mold. It is reported that the condensation of the dress room is mainly occurs at the thermal bridge, the window, and the back of the built-in wardrobe

in the winter. If condensation occurs in the dress room, it will cause secondary damages such as wallpaper, floors, furniture, and clothing.

Considering the movement of residents, the dress room is often located next to the bathroom so there is a great risk of humidity increase. However, in spite of the characteristics of the dress room, it is difficult to prevent the condensation in the dress room because the preventing condensation standard which is the same level as the living room are applied.

Therefore, this study analyzes the characteristics of the temperature and humidity environment which is the cause of condensation in the dress room, and proposed a reasonable preventing condensation methods in the dress room by evaluating the effect of the preventing condensation methods such as ventilation, dehumidification, heating and insulation through the simulation.

Keywords: Dress room, Condensation, EnergyPlus, Condensation Occurrence, Preventing Condensation Method

Student Number: 2015-21100